

**EKOLOJİK BİLİNÇ VE YÖNETİMİ**  
**İŞ ODAKLI EĞİTİM KURS İNSANLARA VE BİTKİLERE**  
**BULAŞAN ALEMLER ARASI PATOJENLERİNİN YÖNETİMİ**  
**VE BU PATOJENLERE DAİR EKOLOJİK BİLİNÇ**

SOFİA ÜNİVERSİTESİ 'ST.KLİMENT OHRIDSKI'  
Doç. Dr. PETYA HRİSTOVA

## ÖÇ11: ÇAPRAZ ENFEKTİF PATOJENLERİN, BİTKİ VE İNSANLARA BULAŞMA ARACI OLARAK BİTKİLER

### 1. Giriş

Fırsatçı patojenlerin, insanlarda neden olduğu enfeksiyonların sayısı, son yıllarda ciddi derecede artmıştır. Her yıl, yaklaşık olarak her altı kişiden birisi, kontamine yiyecekleri yemekten dolayı hastalanmaktadır. Patojenik mikroorganizmalarla gerçekleşen gıda zehirlenmelerinin önemli bir bölümünden kontamine bitkilerin ve taze meyve ve sebzelerin sorumlu olduğuna dair artmakta olan farkındalık, bitkiler ve insan patojenleri arasındaki etkileşimleri anlama ihtiyacını desteklemektedir. Ayrıca bu farkındalık, hastalıkları azaltmak için ve gıda güvenliği politikaları ve müdahalelerinden kaynaklanan toplumsal sağlık hedeflerindeki ilerlemeleri ölçmek için gereken belirli müdahalelerin belirlenmesi ihtiyacını desteklemektedir.

Fırsatçı patojenlerin doğal rezervuarlarından birisi, rizosferdir. Rizosfer mikrobiyomunun birçok üyesi, bitkilerin gelişimi için faydalıyken, bitki patojeni mikroorganizmalar da hastalığa yol açmak için koruyucu mikrobik kalkanı geçmeye ve doğal bitki savunma mekanizmalarını aşmaya çalışarak rizosferi kolonileştirmektedir. Rizosferde bulunan üçüncü bir mikroorganizma grubu da gerçek ve fırsatçı insan patojeni bakterilerdir.

İnsan patojenleri, neredeyse sadece insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle araştırılmaktadır. Patojenler, her birisi insanların bağışıklık sistemini manipüle eden ya da bozan özel salgı sistemlerinden toksinlere ve adhezine kadar değişiklik gösteren bir patojenizite sağlayan bir dizi çeşitli genetik faktöre sahiptir. Bu insan patojeni bakterileri, genellikle hastalık ve salgınlara yol açan özel hayvan patojenleri olarak düşünürüz; ancak insan taşıyıcıların, çevreyle olan sürekli etkileşimleri, bu patojenleri, hayvansal olmayan bir konağı içeren alternatif nişlere uygun hale getirmektedir. Beklendiği üzere, insanlarda ciddi hastalıklara yol açmalarıyla bilinen bazı hayvan patojenlerinin de bitki patojenleri gibi davranabileceğine dair deliller toplanmaktadır. Asıl olarak bir bitki ya da insan patojeni olarak görülsün ya da görülmesin, bu patojenlerin epidemiyolojisi ve hastalık stratejileri, hem alemler arası patogenezinin (hastalık nedeni) gelişimi hem de biyoloji açısından özel bir öneme sahiptir.

Sebze (taze), lahana ve bazen de meyve tüketiminden kaynaklanan *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* ve *Listeria monocytogenes* enfeksiyonlarıyla ilişkili hastalıkların görülme sıklığı, bu patojenlerin insanlara sadece "klasik" et, yumurta ve süt ürünleri yollarıyla değil,

aynı zamanda bitkiler ve bitkilerden elde edilen ürünler yoluyla da bulaşabileceğini göstermiştir. Şuanda bu insan patojenlerinin, insanlar üzerindeki virülans (hastalık yapıcı) etkilerini kaybetmeden çevresel ortamlara adapte olmaları önemli bir sorundur. Taze ürünlerdeki patojen kontaminasyonu, hasattan önce veya sonra oluşabilir ve bir kere bulaştığı zaman, ürünü sterilize etmek zordur. Bakteriler, bitkilerin damar sistemini yerleşirse, bu sorun karmaşıklaşır, çünkü bu bakteriler daha sonra, uygulanan herhangi bir geleneksel yüzey sanitasyon yönteminden korunmaktadır. Bu tür yöntemler, genel mikrobiyal yükü ve yüzey kirliliği seviyelerini azaltmaktadır, ancak bitki dokusuna nüfuz etmemektedir. Bitkisel ortama adapte olmak, bitkilerde daha uzun bir kalıcılığa yol açacaktır, bu da bitkisel kökenli gıdaların tüketimi yoluyla bakterilerin, insanlara bulaşma ihtimalini artıracaktır.

Çok sayıda patojen bakteri, oldukça geniş bir konukçu organizma spektrumuna sahip gibi görünmektedir. Bu çapraz-enfektif mikroorganizmalar sadece, enfekte olmuş bitkilere temas etme ya da bu bitkilerin tüketilmesi yoluyla insanlara bulaşan mikroorganizmalardan daha sinsidir. Alemlerarası insan patojenlerinin ve bu patojenlerin potansiyel bitki rezervuarlarının, bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkmasında önemli etkileri bulunmaktadır.

Bitki ve hayvanlarda çapraz-enfeksiyon hastalıkları yönetimi, daha çok disiplinler arası araştırmayı ve işbirlikçi birim etkileşimini gerektirmektedir. Gıda kaynaklı hastalıkların kaynağına dair tahminler; stratejik planlama konusunda bilgi vermek, risk tabanlı karar verme ile ilgili bilgilendirmek, müdahalelerin faydalarını tahmin etmek ve müdahalelerin etkisini değerlendirmek dâhil olmak üzere birçok amaca yönelik kullanılmaktadır. Çiftlikten sofraya kirliliği azaltmak için olan stratejiler, gıda güvenliği kurumlarının gündeminde üst sıralardadır. Bu ders, insanlardaki enterik patojenlerin, gıda güvenliği için olası etkileri olan bitkiler üzerindeki uygunluğunu anlatmaktadır. Bitki-mikrop ekolojideki kavramların ışığında, enterik patojenlerin, bitki bünyesindeki gelişimi ve canlı kalması tartışılmaktadır. Enterik patojenlerin hayatta kalmasını etkileyen çeşitli faktörlerle ilgili bilgiler, bu faktörlerin, patojenlerin enfeksiyöz dozundaki rollerini değerlendirmek için iyi bir temel sağlamak ve Gıda Bitkileri Patojenleri Farkındalık Programının geliştirilmesi için bir temel teşkil etmektedir.

## **2. Alemler arası bitki patojeni bakterilere dair bilgiler**

Dünya üzerindeki yaşam çeşitli ve etkileşimlidir: Henüz, tek bir türü barındıran bir ekosistem tasvir edilmemiştir. Organizmalar arasındaki etkileşimler, doğada rektifiye yoluyla yararlı, nötr ve zararlıya kadar çok çeşitli olabilir. Bulaşıcı bir hastalık genellikle zararlı (bir dizi) etkileşim (ler)'in bir sonucu olarak tanımlanmaktadır ve genellikle konukçunun (hastalıklı) ve

patojenin (hastalık yapıcı madde) söz konusu birleşimi ile sınırlandırılmıştır. Bulaşıcı hastalık, vücut üzerindeki ya da içindeki patojenik bir mikroorganizmanın varlığına karşılık çok hücreli bir organizmanın normal fizyolojisinin bozulmasına yol açan bir biyolojik süreç olarak tanımlanabilir.

Hastalıklar, görüntüde farklı olabilir ama enfeksiyonların öncesinde hep adhezyon (tutunma/yapışma), invazyon (istila) ve kolonileştirme görülmektedir. İlginçtir ki, bazı patojenik mikroorganizmalar, çeşitli organizmaları enfekte edebilmektedir ve bazı durumlarda, farklı biyolojik yaşam ortamlarının üyeleri bile hastalık risklerine açık olabilmektedir. Böyle alemler-arası konak geçişleri (atlamaları), normalde taksonomik bir gruptaki türleri kolonize eden bir mikroorganizma, başka bir gruba ait bir türü defalarca enfekte edebildiğinde tanımlanmaktadır. Alemler-arası seviyesinde gerçekleşen mikrobiyal patojen konak geçişleri, hayvanlar âleminde ortaya çıkan atlamalar kadar, insan hastalıkları ile ilişkili olanlar gibi, iyi bilinmemektedir. Ancak, bazı Alemler-arası konak atlamaları, tanımlanmıştır ve bitkilerde hastalıklara yol açmak için olan görünüşte özel insan patojenlerinin ve insanlarda hastalığa yol açmak için olan özel bitki patojenlerinin yeteneğini vurgulamıştır. Bu tür patojenler bitkilerde yaşadıkları, bitkileri kolonileştirdikleri, bitkilere girdikleri ya da bitkilerle etkileşime girdikleri zaman bu patojenleri tasvir etmek için son zamanlarda "Bitkilerdeki insan patojenleri" (**HPOPs**) ifadesi önerilmiştir.

Bitki ve hayvan (insan) konukçularının, ayırt edici fiziksel engelleri ve savunma tepkileri olduğu için, alemler arası patojenlerinin, birbiriyle alakasız konakları enfekte etmek için kullandığı hastalık stratejileri özellikle ilgi çekicidir. Uzmanlar, belirli bir konaktaki fiziksel engelleri ve doğal savunmaları aşmak için özel faktörler geliştirirken, bir alemler arası patojeninin, kendi konaklarının her birisinin belirli savunma engellerini aşmak için geniş bir gen ve hastalık strateji kütüphanesine ihtiyacı olacaktır. Bu, her bir konak için tutunmayı, hastalığın gelişimini ve yayılmasını sağlamak için bir takım patojenite faktörlerini ya da tüm konaklar için aynı patojenite faktörlerinin kullanıldığı evrensel bir hastalık stratejisini gerektirecektir. İnsan patojenleri, memeli fizyolojisinden faydalanmak için ve son derece gelişmiş olan adaptif bağışıklık tepkilerinin üstesinden gelmek için belirleyici etkenler kullanırken, bitki patojenleri, hastalık sürecini kolaylaştırmak için güçlendirilmiş hücre duvarlarını geçmeye ve bitki fizyolojisini manipüle etmeye çalışan özel belirleyici etkenler kullanmaktadır. Potansiyel alemler-arası patojeni mikroorganizmalar, potansiyel konukçularla yakın ve sık temas içinde olabilmelidir ve konak savunmalarının üstesinden gelebilmeli ya da bu savunmalardan kaçınabilmelidir. Yeni bir konak üzerinde, bünyesinde ya da yakınında

gerçekleşen yeniden üremeler, başarılı genotiplerin iletilmesini ya da açığa çıkmasını sağlayacaktır. Konak adaptasyonunun işaretleri, virulans (zehirlilik) ya da konak spesifikliğine katkıda bulunabilen yeni genetik unsurların kazanılmasının yanı sıra artan mutasyonlar ve genetik düzenlemeleri içerebilen bu belirleyici etkilerde ortaya çıkacaktır. İnsan ve bitki patojeni potansiyeline sahip alemler-arası patojenlerindeki bu genetik belirleyicilerin tanımlanması, bitkilerin, klinik olarak ilgili bakteriler için potansiyel rezervuar olma rollerinin yanı sıra, fitopatojenezite gelişiminin daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir.

Bakteriyel ve fungal patojenlerin, beklenmedik bir şekilde yüksek sayıdaki alemler-arası konak değişiklikleri tanımlanmıştır. Bitkisel gıdalar ile bağlantılı olan birçok insan patojenini içeren (örneğin, *Escherichia*, *Salmonella* ve *Shigella*) gram-negatif bakteri ailesi, *Enterobacteriaceae*, aynı zamanda küflenme, solma ve yumuşak çürüme gibi bitki hastalıklarına neden olan bir dizi bitki patojeni türlerini de (*Enterobacter*, *Erwinia*, *Pantoea*, *Pectobacterium*, vb.) içermektedir. Bu bitki ve insan patojenlerinin taksonomik ilişkisi; niş rekabeti ya da sinerjisi, koruma altındaki bitki nişlerinde yatay nükleik asit değişimi ya da hatta konak aralığının genişlemesi olasılıkları hakkında ilginç sorular ortaya çıkarmaktadır.

Nispeten nadir olmalarına rağmen, bitkilere ve insanlara bulaşan ve bunlar üzerinde hastalığa neden olan, bazen de **çapraz patojenler** olarak ifade edilen mikrobiyal türler de bulunmaktadır. Günümüzde kabul edilmiş olan **alemler-arası patojenlerine ait** örnekler yaygın olarak bitki yüzeylerinde ve rizosferde yaşamakta olan *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia*, *Dickeya* spp., *Enterococcus faecalis*, *Serratia marcescens*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Fitoftora infestans*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* ve *Listeria monocytogenes* gibi birkaç bakteriyel türü kapsamaktadır.

## 2.1. İnsan patojenlerine bir yaşam alanı olarak bitki ortamı

Tarımsal bitkiler, özellikle Şiga toksinini üreten *Escherichia coli* (STEC) suşları grubuna ait olan insan patojenlerinin kaynağı haline gelmiştir. Bitkisel kökenli taze tüketim ürünlerindeki insan patojenleri tehdidi, 2011 yılında 54 kişinin öldüğü ve 900'den fazla hemolitik üremik sendrom vakasının ortaya çıktığı, yaklaşık 4000 kişinin enfekte olduğu Almanya ve Fransa'da *E. coli* O104:H4'ün sebep olduğu bir salgın sırasında ortaya çıkmıştır. Kaynak, Hamburg ve çevresinde ilk hastalık vakalarının görülmesinden yaklaşık 17 ay önce Mısır'dan Hollanda Rotterdam limanına taşınan çemen otu tohumu olduğu için, patojenlerin, tüketilebilir ürünlere bulaşmasının en olası yolu dikkat çekiciydi. Patojen, ne çemen otu filizlerinde ne de

tohumlarında bulunmamasına rağmen, epidemiyolojik gerçekler, patojenin nispeten uzun bir süredir tohum ile ilişkili olması gerektiğini ortaya koymuştur.

Bu, bir insan patojeninin, düşman bir ortamda bu kadar uzun bir süre boyunca nasıl yaşayabilir bir varlık olabildiği ve benzer gözlemlerin neden daha önce yapılmadığı ile ilgili soruları ortaya çıkarmıştır. Bu, bitkisel çevreye adapte olmuş insan patojeni bir bakterinin yol açtığı ilk hastalık salgını vakası olarak kabul edilmeli midir? Bu soruyu cevaplandırmak için, Avrupa ve ABD'de yaygın olarak meydana gelen patojenik *E. coli* suşlarının tipik bir özelliği olan nedensel etkenin doğasından bahsedilmelidir. *E. coli* O104: H4 salgın suşu, diğer tipik *E. coli* O tipi suşların aksine, başlıca rezervuar olarak hayvanları değil, bunların yerine sadece insanları kullanan bir enteroagregatif suştur. *E. coli* O157:H7 ve *S. Entericanın* yol açtığı salgınlar daha yaygınken, bu tip bir patojenin neden olduğu salgınlar, Batı toplumlarında daha nadir görülmektedir. Bu durum, bitki ortamında kendi yaşam süresini uzatan belirli özelliklerin, bu insan patojenlerinde zaten var olduğunu göstermektedir. Burada soru, bu özelliklerin, insan patojenlerinin belirli alt kümelerinin özünde olup olmadığı ya da yatay gen transferi gibi bir yolla yeni kazanılmış olup olmadığıdır. Hamburg bölgesinde salgına neden olan suş, oldukça öldürücü bir patojen olarak kabul edilmelidir ve bu suşun, transdüksiyon (faj enfeksiyonu) ve konjugasyon (plazmid transferi) gibi yatay gen transferi yoluyla virülans ve antibiyotik direnç özelliklerini edinmiş olması gerekmektedir. Yeni virülans özelliklerin kazanılması, yeni bir patojenin gelişimindeki bir olaydır, ancak seleksiyon basıncı da başka bir olaydır; ve salgın suşu, bitkilerdeki ekolojik yeterliliğinin geliştirilmesi ile birlikte insanlardaki zehirliliğini artırarak gelişmiş olmalıdır. Bu gelişmenin tehdidi, tarımsal bitkilerin yakınında ya da belki de içinde yaşamaya tamamen adapte olmuş olan son derece zehirli insan-bakteriyel patojenlerinin yeni türlerinin ortaya çıkmasıdır.

## 2.2. Bitkileri enfekte edebilen insan patojenleri

Hastalıkla ilgili insan odaklı görüşlerimiz genellikle insan patojeni bakterilerin, insan konaklara yönelik olduğuna dair geniş kapsamlı varsayımlara yol açmaktadır. *Salmonella*, *Serratia*, *Enterobacter* ve *Enterococcus* türleri genellikle hastane ortamında bulunan ve gıda zehirlenmesine, genel enfeksiyonlara ve sepsisemilere neden olan sorunlu insan patojenleri olarak kabul edilmektedir. Aslında, rizosfer ortamlarında cilt, yara ve idrar yolu enfeksiyonlarına (örn; *Bacillus cereus*, *Proteus vulgaris*) neden olan diğer bakteri türleri de bulunabilmektedir.

Ancak son zamanlardaki çalışmalar, bu insan patojeni bakteri türlerinin, çok çeşitli bitki konaklarını kolonize edebildiğini ve bu konaklarda hastalığa neden olabildiğini ortaya çıkarmaya başlamıştır. Çeşitli çalışmalar, insan patojeni bakterilerinin, kök dokusuna yan kök oluşma yerlerinden girdiğini belirtmektedir. Özellikle de, bu çalışmaların çoğu, laboratuvar koşulları altında gerçekleştirilmiştir ve böylece de bu bakteri türlerinin fitopatogenik potansiyeli için kanıt sağlamışlardır. Ancak, doğal ortamdaki bu insan patojenlerinin çoğunun neden olduğu bitki hastalığının görülme sıklığı bilinmemektedir.

İnsan patojeni bakterilerin, rizosferde ortaya çıkması; yüksek besin içeriği, ultraviyole (UV) radyasyondan korunma ve dağılmayı ve kurumayı önlemek için su filmlerinin mevcudiyeti gibi çeşitli faktörlere atfedilmiştir. Bazıları, bol ve çok çeşitli rizosfere özgü mikrobik topluluğun, insan patojenlerinin saldırısına karşı güçlü bir bariyer sağladığını iddia etmişlerdir. Örneğin, *S. enterica* ve *E. coli* O157: H7'nin *Arabidopsis thaliana*'nın kökleri üzerinde büyümesi, *Enterobacter asburiae*'in bitkiyle ilişkili bir suşu tarafından şiddetle engellenmiştir. Bununla birlikte, birçok insan patojeni bakteri, besinler için oldukça rekabetçi olabilmekte ve yerli mikrobiyal toplulukların varlığında bitki yüzeylerini kolonize etmelerine ve bu yüzeylerde çoğalmalarına olanak sağlayan çeşitli antimikrobiyal metabolitleri üretebilmektedir. İlginçtir ki, rizosfer kolonizasyonunda ve insan patojeni bakterilerin antimikrobiyal aktivitelerinde yer alan mekanizmalar, insan dokularının virülansında ve kolonizasyonunda yer alanlarla benzer görünmektedir.

Daha sonra, bitkisel gıdaların tüketimi ile ilgili enfeksiyonun en yaygın nedensel etkenlerinden bazılarının biyolojisini ve patogenezi ele alacağız.

### **2.2.1. Salmonella**

Bu cins, *Salmonella enterica* ve *Salmonella bongori* olmak üzere iki türden oluşmaktadır. Yüzlerce serotipe bölünmüş olan *S. enterica*, gastroenterit ve tifo olmak üzere dünya çapındaki birçok insan, hayvan ve kuş hastalıklarının nedensel etkenidir. Bu, meyve ve sebze tüketimi ile en sık bağlantılı olan patojendir. İnsan konukçularda hayatta kalmaya karşı açıkça görülen adaptasyonuna rağmen, *Salmonella* aynı zamanda çeşitli kültür bitkilerinin rizosferinde de tespit edilmiştir. Uzun bir süre boyunca, *Salmonella*'nın, neredeyse kazara oluşan bir enfeksiyon sonrası bitkiler üzerinde hayatta kaldığı varsayılmıştır. Ancak, bu fikir son zamanlarda sorgulanmaktadır. *Salmonella* bakterisi, toprakta hayatta kalabilmektedir. Meksika'da yerli bir baklagil ağacı olan yerel *Conzattia multiFlora* üzerine yapılan çalışmalar, nodül (yumru) benzeri yapılardan izole edilen, *Salmonella* bitkisinden kaynaklanan çizgilerin varlığını ortaya koymuştur. Çeşitli kültür bitkilerinin rizosferinde, buğday (*Triticum sativum*),



kolza (*Brassica napus*), ve çilek (*Fragaria ananassa*) dâhil olmak üzere *S. enterica ssp. enterica serotipi Typhimurium* (*S. typhimurium*) bulunmuştur. Yabani domatesteki (*Solanum pimpinellifolium*) *S. enterica* seviyeleri, ıslah edilmiş domates çeşitlerinden (*Solanum lycopersikum*) daha düşük bulunmuştur. Ekstra bir enfeksiyon yolu da, insan ya da hayvan atıkları ile temas etmiş sular olabilir. Kirlenmiş su, *Salmonella* dâhil olmak üzere sayısız patojenin yayılması için iyi bilinen bir araçtır. Bu şekilde, bakteri, su temini sistemi aracılığıyla taşınabilir ve ardından da sulama için kirli suyun kullanıldığı ekin tarlalarına ulaşabilir. *S. Enterica* popülasyonları, kirli su ile sulanan domates bitkilerinin fillosferinde, önceden mikrop bulaşmış olan topraktaki tohumlardan yetiştirilen bitkilere kıyasla daha fazladır. Bitkilere *Salmonella* bulaşması, ayrıca diğer organizmaların yardımıyla da oluşabilir. Hayvanın ya da kompostlanmış gübrenin üzerine koyulan marul, çilek ya da havucun kancalıkurtlu *Caenorhabditis elegans* ve *Salmonella newport* ile birlikte inokule edilmesi, bitkilere bu bakterilerin bulaşması ile sonuçlanmaktadır; bunun aksine, kancalıkurdun yokluğunda bitki dokularına patojen bulaşmamıştır. *Salmonella*, aynı zamanda kapalı tesislerden dış çevrelere hareket eden ve böylece de bitkiler dâhil olmak üzere bir dizi çeşitli olası konukçuyla temas eden firavun karınca (*Monomorium pharaonis*) gibi böcekler yoluyla da taşınabilmektedir. *Salmonella* ve arbusküler mikorizal mantar (AMF) arasındaki etkileşim, AMF tarafından kolonize edilmiş bitkilerde *Salmonella*'nın daha yüksek bir kalıcılık gösterdiğini gözler önüne sermiştir, bu da rizosferde diğer bir etkileşim katmanını daha işaret etmektedir.

Toprak aracılığıyla *S. enterica* tarafından gerçekleşen kirlenmeye yatkınlık, tarım ürünleri arasında farklılık göstermektedir. *Brassicaceae* ailesinin üyeleri, domates ve marula kıyasla daha yüksek bir bakteri popülasyonu sunmuştur. Ancak, marulun daha yüksek oranda kirlenmiş bir filofere sahip olduğu ortaya konmuştur; bu da sulama suyu gibi diğer kontaminasyon yollarının da etkili olduğunu ileri sürmektedir. Bir başka dikkat çekici olasılık da bitkinin kendisinin, enfeksiyona katkıda bulunabileceğidir. Alfalfa (yonca) filizleri üzerine yapılan bir çalışma, tohum filizlenmesi boyunca, endosperm (besi doku) kırılmasının, sulama suyu içerisinde bulunabilen şekerlerin ve diğer organik moleküllerin açığa çıkmasına yol açtığını, dolayısıyla da *S. enterica* için bir büyüme ortamı sağladığını göstermiştir. Bakteriler, bu molekülleri bir besin kaynağı olarak metabolize ettiği için, bitki ekstraktları, uygun bir besin kaynağı olarak görünmektedir. Filizlenen tohumların dışarı akmasında bazı *Salmonella* suşlarının yüksek çoğalma hızları, saprofitik (çürükçül) büyüme önerisine yol açmıştır. Ayrıca, diğer bitki patojeni bakteriler, *Salmonella* ile enfekte olmaya katkıda bulunabilir. Yumuşak çürümeye neden olan ve bu şekilde de besinleri harekete geçiren Pektinolitik bakteriyel



patojenler, sık sık meyve ve sebzelere *S. enterica* bulaşmasıyla bağlantılı olmaktadır. *Salmonella*, sadece filloferi kolonize etmekle kalmaz; aynı zamanda bitkiyi enfekte ettiği ve bitki organlarının ölümüne neden olduğu da gösterilmiştir. *Arabidopsis*'te sürgün ya da kök dokuları aracılığıyla *Salmonella* aşılması, yedi gün içinde, enfekte olmuş dokularda sarılık, solma meydana gelmesi ve en sonunda da bu dokuların ölümüyle sonuçlanmıştır.

### 2.2.2. *Escherichia coli* (*Koli basili*)

*Escherichia coli*, genel olarak, insanlarda ve sıcakkanlı hayvanların mide-bağırsak sisteminde bulunan bir bakteridir. Bağırsaklarda yaygın olması nedeniyle, *E.coli*, gıda ve su güvenliği değerlendirmesinde fekal kontaminasyonu tespit etmek ve ölçmek için tercih edilen bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Zararsız kommensal (ortakçılar) olarak kabul edilen *E. coli* suşları, normal bir bağırsak mikrobiyal nüfusunun yaklaşık yüzde 1'ini oluşturmaktadır. Bağırsak içindeki suşların çoğu, insanların mide-bağırsak işlevi için yararlıken, bazıları da zararlıdır. Patojenik *E. coli* suşları; toksin üretimi, konakçı hücrelere adezyon (yapışma) ve konakçı hücrelerin istilası, hücre metabolizmasına karışma ve doku bozulması için genetik unsurlarının bir sonucu olarak ciddi bir hastalığa neden olabilmeleri ile diğerlerinden ayırt edilmektedir. Bir konaktan diğerine aktarılmaları için bu bakterilerin, kendi konaklarından çıkmaları ve çevredeki ortama girmeleri gerekmektedir. Bazı *E. coli* lerin, konak dışında birkaç hafta hayatta kalabileceğine ve hatta su veya toprakta büyüebileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır. Ama çoğu *E. coli* türü zararsız olmasına rağmen, meyve ve sebzeler üzerindeki patojenik suşların varlığı, gıda güvenliği için risk yaratacağından, *E.coli* kolonizasyonunun, bir sorun haline gelmesi bitkisel bir konudur. Yeşil yapraklı sebzelerin tüketimine bağlı olarak oluşan *E. coli* O157 enfeksiyonların ürünle ilişkili salgınları, giderek daha fazla bilinmektedir. Ancak, birkaç *E.coli* klonu, idrar yolu enfeksiyonları ve ishalleri hastalıklara yol açmalarına neden olan yatay gen transferi yoluyla patojenite adalarını edinmiştir. İshalle ilgili olan *E. coli*, orta dereceli bir ishalden şiddetli sistemik hastalıklara (örn, hemolitik üremik sendrom) kadar değişiklik gösteren hastalıklara neden olabilen altı kategoriye ayrılmaktadır.

### Şıga toksini üreten *E. Coli*

Şıga toksini üreten *E. coli* (*STEC*), asıl olarak büyükbaş ve küçükbaş hayvanları kolonize eden zoonotik (hayvanlarda görülen) bir patojendir. Büyükbaş hayvan ürünleri, özellikle de sığır eti, *E. coli* O157 enfeksiyonlarının bilinen en yaygın kaynakları olmasına rağmen, çiğ tüketilen meyve ve sebzeler de önemli bir kaynaktır. *E. coli* O157'de üç farklı yaprak bağlanma mekanizması anlatılmıştır. İlk olarak, patojenik olmayan *E.coli*'nin aksine, patojenik suş *STEC* O157:H7, domates kabuğuna, ıspanak yapraklarına ve yonca filizi köklerine kuvvetle

yapışmaktadır. Bu yüzeylere yapışmalarına kıvrımlı olmaları aracılık etmektedir. *E. coli O157'nin* aynı zamanda da ilgili enteropatojenik *E. coli* nin (EPEC), çeşitli salata yapraklarına yapışmasına filamentöz (ipliksi/lifsi) tipi sekresyon sistemi (T3SS) aracılık etmektedir. *E. coli O157* sekresyon sistemi, efektör proteinleri, memeli hücelere taşımak için tasarlanmıştır; protein translokasyonuna, bir ATPaz aracılık eder ve plazma membranının (zarı) içine yerleştirilen bir translokasyon gözeneğine bağlıdır. *Flagella* (kamçı) da *E. coli O157* yaprak bağlanmasında rol oynamaktadır. Birlikte ele alındığında, bu veriler, *E. coli O157'nin*, bitkileri kolonize etmek için birden çok mekanizmayı kullandığını ve bu biyosfere iyi adapte olduğunu göstermektedir. *Salmonella* gibi, *E. coli O157* de alt gözenek boşluğuna ve süngerimsi mezofile (yaprak iç dokusu) ulaşabilir ve bu ortamda hayatta kalabilir.

### **Enteroaggregatif *E. coli* ve enterotoksijenik *E. coli***

*Enteroaggregatif E. coli (EAEC)*, bakteriyel gastroenteritin önemli bir nedeni olabilir. Ancak, EAEC rezervuarı bilinmemektedir. EAEC'nin marul yapraklarıyla 1 saat kuluçkaya yatırılmasının ardından, şu iki bakteriyel dağılım şekli gözlenmiştir: (I) epidermise dağınık yapışma ve (ii) gözeneklerin koruyucu hüresine bölgesel yapışma. Gözenek etrafındaki agregasyona flagella (kamçı) aracılık ederken, epidermise bağlanmaya ise insan bağırsak kolonizasyonunda bir rol oynadığı bilinen pilus (pili) aracılık etmektedir.

Enterotoksijenik *E. coli* (ETEC), bebeklerde ve seyahat eden kişilerde ishalin önemli bir nedenidir ve buzağı ve domuz yavrularında şiddetli sulu ishale neden olmaktadır. Kamçı, ETEC'in marul yapraklarının epidermisine yapışmasına aracılık eden başlıca adhesindir.

### **2.2.3. *Serratia marcescens***

*Serratia* türünün üyeleri; insanlarda, hayvanlarda ve böceklerde önemli enfeksiyonlara neden olmaktadır. Taksonomik olarak, *Serratia* türü, kafa karıştırıcıdır ve şu anda 2 alttür ile birlikte bilinen 14 türü bulunmaktadır. Tip türlerinden olan *Serratia marcescens*, insanların solunum ve idrar yollarında yaygın olarak bulunan fırsatçı bir patojendir ve hayati tehlike oluşturabilen hastane enfeksiyonlarının yaklaşık % 1,4'ünden sorumludur. Çevresel *S. marcescens* suşları, prodigiosin üretimi nedeniyle genellikle kırmızı renkte olurken, hastane salgınları ile ilişkili suşlar çoğunlukla renksizdir. Birçok *S. marcescens* suşu, ayrıca birden fazla antibiyotiğe karşı dirençli olduğu için, halk sağlığı açısından giderek büyüyen bir sorun haline gelmiştir. Ancak, konağı içindeki *S. marcescens* patogeneze katkıda bulunan faktörlerle ilgili nispeten daha az şey bilinmektedir.

Bununla birlikte, hayvanlardaki virulans faktörlerine rağmen, *Serratia'nın* aynı zamanda yaygın bir fitopatojen olduğu tespit edilmiştir. *S. marcescens*, kabak (*Cucurbita Moschata L.*),

karpuz ve bal kabağında (*Cucurbita pepo* L) kabakgiller sarıasma kabak hastalığına neden olan ve solma, floem renk değiştirme ve bitki yapraklarının sararması gibi işaretleri olan, floemde yaşayan bir patojen olarak kabul edilmektedir. *S. marcescens*, floem damarları boyunca, bir biyofilm üretmektedir; bu da besinlerin taşınmasını engellemekte ve en sonunda da bitkinin solmasına ve ölümüne neden olmaktadır.

#### **2.2.4. *Enterobacter cloacae***

Alemler-arası patogenezi gösteren bir başka bakteri de Gram-negatif bakteri *Enterobacter cloacae*'dir. Bu, idrar yolu enfeksiyonlarının yanı sıra bakteriyemi, alt solunum yolu enfeksiyonları ve cilt ve yumuşak doku enfeksiyonlarından sorumlu olan önemli bir nozokomiyal (hastane ile ilgili) patojendir. *E. cloacae*, hemolitik-üremik sendromunun bebek vakasında gösterilen şiga-benzeri bir toksin olan II ile ilgili sitotoksini sentezlemektedir. *E. cloacae*'nin insan konukçuları kolonize edecek kadar geliştiğine dair kanıtlar olmasına rağmen, aynı zamanda makadama gri çekirdek hastalığına (*Macadamia integrifolia*) nedensel etkeni olarak tespit edilmiştir. Gri çekirdek hastalığın başlangıcı, sadece ağacın ürettiği çekirdeklerin kalitesini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda gri renk değişikliğine ve kötü bir kokuya yol açar. *E. cloacae*, ayrıca ejderha meyvesinde (*Hylocereus spp.*) bakteriyel yumuşak çürümeye, *Odontioda orkidesinde de* bakteriyel yaprak çürümmesine neden olmaktadır ve ayrıca papaya ve soğanlardaki iç sararma hastalığından da sorumludur. *Enterobacter* ampul çürümesi, soğanlar hasat edildikten, ilaçlandıktan ve depolandıktan sonra oluşmaktadır. Çürüme, genellikle soğan yumrusunun birkaç zarında meydana gelmektedir ve doku, soğan ortadan ikiye kesildiği zaman soğana *kirli bir halka* görünümü veren kahverengi bir renk geliştirmektedir. Depolanan bir sürü soğanda yeterince yüksek bir oranda *Enterobacter* ampul çürümesi varsa (>% 2-5), bütün yığın satılamaz ve yetiştirici için önemli bir kayba neden olur. Bu konakların her birisinde kullanılan virülans (hastalık oluşturma) faktörlerinin belirginliğinin yanı sıra, *E. cloacae*'nin ampul çürümmesine neden olma mekanizması da bilinmemektedir ve böylece de ampul çürümesi için hastalık kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi de sınırlıdır.

#### **2.2.5. Entorokok**

Alemler-arası patogenezi, Gram-negatif bakterisi ile sınırlı değildir. Enterokoklar, insanların ve hayvanların normal bağırsak florasının bir parçasıdır, ama özellikle immün yetmezliği olan (bağışıklık zafiyeti olan) hastalarda ortaya çıkan ciddi enfeksiyonlardan da sorumlu olan önemli patojenlerdir. Artan antibiyotik dirençleriyle, enterokoklar, tedavi edilmesi zor olabilen nozokomiyal patojenler olarak görülmektedir. Enterokok familyası, 17'den fazla tür içermektedir, ancak sadece birkaçı, üriner sistem ve karın enfeksiyonları, yara enfeksiyonları,

bakteriyemi ve endokardit dahil olmak üzere lokal ya da sistemik klinik enfeksiyonlara neden olabilir. *E. faecalis*'in klinik izolatlarının, kırmızı kan hücrelerinin yıkımına neden olan bir virülans faktör olan hemolisini ürettiği tespit edilmiştir. Sağlıklı bireylerin dışkı örneklerinden izole olan suşlar, hemolisin üretiminde düşük bir oran (% 17) gösterirken, hemolitik suşlar, hemolitik olmayan suşlara kıyasla daha sık çoklu ilaç direnci sergilemektedir. *E. faecalis*, sadece memeli ve nematod konukçuları enfekte etmekle kalmaz, aynı zamanda laboratuvar şartlarında, aşılama yapıldıktan yedi gün sonra bitki ölümüne neden olan bitki *Arabidopsis thaliana*'yı da enfekte edebilmektedir. Hastalığın belirtisi ilk olarak bakteri, kendisini yaprak yüzeyine başarıyla yapıştırdığı zaman başlamaktadır; bakteri, gözenekler ya da yaralar yoluyla yaprak dokusu içine girdikten sonra, *E. faecalis*, bitki konağının hücrelerarası boşluklarında çoğalır ve burayı kolonize eder ve bitki hücre duvarının ve membran yapıların çürütmesine ve bozulmasına neden olur. *E. faecalis* fitopatojenezitesi, nisabı algılama sistemi geni ve bir serin proteazı dâhil olmak üzere hayvan patogeneğinde rol oynayan aynı genetik belirleyicilerin bazılarını kapsar gibi görünmektedir. Açıkça görülüyor ki *E. faecalis*, iki farklı konaktan yararlanmak için aynı virülans faktörleri kullanmasını sağlayan genel bir hastalık stratejisi kullanmaktadır.

### 2.2.6. *Listeria monocytogenes*

*L. monocytogenes*, kontaminme gıda ürünlerinin tüketimi yoluyla insanlara bulaşan ciddi bir insan patojeni olarak bilinmektedir. Ancak, aynı zamanda çürüyen bitki maddeleriyle ilişkili topraklarda yaygın olarak görülen bir bakteridir. Bu nedenle, doğal olarak toprak ile temas halinde yetiştirilen herhangi bir bitki ürünü ile ilişkilendirilebilmektedir. İnsan patojenleri için alışılmadık bir şekilde, bitki şekerini büyüme için kullanabilir ve bu nedenle de organizma genellikle minimal işlenmiş meyve ya da sebzelerle ilişkili bir sorundur. Özellikle, sebze ya da meyveler kesildiği zaman, organizmanın büyümesi için kullanabileceği şekerler açığa çıkmaktadır.

**Bitki dokusunda *Listeria*.** *L. monocytogenes*'nin, bitki dokusunda özümsemiye özümsemediği hala belirsizdir. *Listeria*'nın özümsemiye üzerine var olan mevcut bilgiler, çok sınırlı çalışmalardan gelmektedir ve sonuçların bazıları da çelişkilidir. *E. coli* gibi, *Listeria*'nın da yaprakların stomatasına (gözeneğine) girebildiği kanıtlanmıştır, ancak bunun, yapı (bakteriyel hücreden çok daha büyüktür) bünyesinde bakterinin, aktif bir süreci ya da pasif bir tuzağı olup olmadığı tespit edilmemiştir. Ancak, bitkideki doğal açıklıklara girebilen bakteriler, koruyucu hücrelerin kapanmasının ardından çeşitli ilaçlardan korunabilir. Organizma, toprakta yaygın olarak bulunduğu için, *Listeria*'nın yaprak doku içine girişinin,

büyüme esnasında olması yerine hasat sonrasında ortaya çıkması daha olasıdır. Meyve ve sebze ürünleri, ürün ve yıkama suyu arasında, suyun bitki dokusu içine girmesini sağlayacak kadar fazla bir sıcaklık farkı olduğunda, hasat sonrasında kontamine olabilmektedir. Suyun dokuya girmesinin ardından, bitkiye girmiş olan ve bitkinin içinde dolaşmakta olan su kütlesi ile bakterilerin taşınması olasıdır.

Bu durumun istisnası ise 1981 yılında *Maritime coleslaw* (lahana salatası) salgınında olduğu gibi *Listeria* ile kontamine dışkıların, gübre olarak kullanıldığı zamandır. Bu, *L. monocytogenes*'in kesinlikle gıda ile bağlantılı olan ilk salgını olmuştur ve buna Kanada'da ticari amaçlı hazırlanan lahana salataları neden olmuştur ve en az 41 vaka ve doğrulanmış 7 ölüm ile sonuçlanmıştır. Bu olayda, salata hazırlanmak için kullanılan lahanaları yetiştirirken *Listeria* bulaşmış koyunlardan gelen gübrelerin organik gübre olarak kullanıldığı, bunun da ileri derecede yaprak kontaminasyonuna yol açtığı ortaya koyulmuştur.

***Listeria*'nın taze ürünler üzerinde büyümesi.** Üretilen ürünler, *L. monocytogenes*'in büyümesini destekleme yetenekleri açısından farklılık gösterebilir. Sağlam ve hasarlı ya da kesilmiş ürünler üzerindeki büyüme karşılaştırmak için bazı çalışmalar yapılmıştır. Sağlam domatesler üzerinde büyüme olduğu bildirilmiştir, ancak havuç, lahana, biber ve kavun üzerine yapılmış çalışmalarda, sadece kesilmiş ürünlerde, parçalanmış ürünlerde ya da hasarlı ürünlerde büyüme olduğu bildirilmiştir. Genel olarak, *Listeria*, depolanma sırasında artan popülasyonları ile birlikte parçalanmış marul üzerinde iyi büyümektedir. Sebzeler üzerindeki hayatta kalma ve büyüme şablonlarının; suş, ürün tipi ve paketleme atmosferine göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Modifiye atmosfer koşulları altında yapılan paketlemenin, rakip mikroflorayı engelleyerek *L. monocytogenes*'in, büyüme yeteneğini artırdığı öne sürülmüştür, ancak bunun kanıtlanması gerekmektedir ve etkisi; ürüne, atmosfer kompozisyonuna ve saklama koşullarına göre farklılık gösterebilir. Ancak, açıkça görülüyor ki modifiye atmosfer paketleme (MAP), *L. monocytogenes*'in büyümesini engellememektedir ve uzun süreli raf ömrü, kendi içinde listeriosis riskini artırabilir.

*Listeria*'nın, ısı ve asidik koşullarda ve paketlenmiş sebzeler üzerinde hayatta kalma yeteneği açısından önemli farklılıklar gözlenmiştir. Pişmiş ya da pastörize ürünler, özellikle buzdolabında saklanmazsa ve ısıtılmadan tüketilirse, genellikle hızlı büyümeyi desteklemekte ve işleme sonrası kontaminasyonun ardından bir risk oluşturabilir. Artık üretilen ürünlerin çoğunun, *L. monocytogenes*'in gelişimini desteklediği kabul edilmektedir.

### 3. Bölüm I için sonuçlar

- 1990'ların başlarından beri taze ürün tüketimi ile bağlantılı gıda kaynaklı hastalık salgınlarının sayısı artmıştır.
- Her ikisi de önceden hayvansal kökenli gıdalardan gelen hastalıklarla ilişkili olan *S. enterica* ve *E. coli* O157:H7, bilinen bir etiyolojik maddeye sahip olan taze ürünlerle bağlantılı salgınların en yüksek oranına neden olmaktadır.
- İnceleme verileri, taze meyve ve sebzelerin üzerinde enteropatojenik bakterilerin varlığı için güçlü kanıtlar sağlamıştır.
- Tüm enterik patojen türler, ekoloji uzmanı değildir. Bitki yüzeylerine tutunma ve bitki yüzeylerini kolonize etme yeteneklerinde çeşitli enterik patojenler arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır ve özellikle de fenotipler, bu farklılıkların bazılarında bir rol oynamaktadır.
- *S. enterica*'nın bitkiler üzerindeki uygunluğu, bitkilerle ilişkili olan yaygın bakterilere göre nispeten daha zayıf olmasına rağmen, bu insan patojeni, o habitatta rekabet gücünü etkileyen iki faktör olan yüksek nem ve ılık sıcaklık koşulları altında bitki yüzeylerinde büyüebilmektedir.
- Büyüme odalarında ve sahada yapılan çeşitli çalışmalar, ekim zamanında aşıl原因 *S. enterica* ve *E. coli*'nin, hasat dönemi dâhil olmak üzere uzun bir süre boyunca ürünlerde hayatta kaldığını göstermiştir.
- Hastalıklı bitki dokusu, enterik patojenler için besin açısından zengin ve korumalı bir ekolojik niş sağlayabilir. Ancak, bu büyüme fırsatı, o alandaki yerli bitki mikroflorası ile olan etkileşimlerinin doğasıyla belirlenir.
- Enterik patojenlerdeki hayatta kalma belirleyicilerinin ifadesi ya da bitkinin yaşam alanındaki virulans özelliklerinin ifadesi, insan konukçuda doz-yanıt ilişkilerini değiştirebilir ve düşük enfeksiyon dozlarında gıda kaynaklı hastalıkların ortaya çıkmasına yol açabilir.

### 4. KAYNAKLAR

- Bassett J. and McClure P. (2008) A risk assessment approach for fresh fruits. *Journal of Applied Microbiology* 104, 925–943.
- Berg G., Eberl L. and Hartmann A. (2005) The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environmental Microbiology* 7 (11), 1673–1685.



- Berger C.N., Sodha S.V., Shaw R.K., Griffin P.M., Pink D., Hand P. and Frankel G. (2010) Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12(9), 2385–2397.
- Brandl M. (2006) Fitness of Human Enteric Pathogens on Plants and Implications for Food Safety. *Annual Review of Phytopathology* 44, 367–392.
- Brandl M., Cox C.E. and Teplitski M. (2013) Salmonella Interactions with Plants and Their Associated Microbiota. *Phytopathology* 103 (4), 316–325, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-11-12-0295-RVW>.
- Duan J., Zhao Y. and Daeschel Mm. (2011) Ensuring Food Safety in Specialty Foods Production 2011, <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9036>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2011) Guidance on the environmental risk assessment of plant pests EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2, 3, Parma, Italy. *EFSA Journal*; 9 (12): 2460.
- EASAC. (2014) Risks to plant health: European Union priorities for tackling emerging plant pests and diseases. Policy report, 24 February 2014, ISBN: 978-3-8047-3251-3.
- Fletcher J., Leach J. E., Eversole K., and Tauxe R. (2013) Human Pathogens on Plants: Designing a Multidisciplinary Strategy for Research. *Phytopathology* 103 (4), 306–315, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-09-12-0236-IA>.
- Food Safety Risk Assessment of NSW Food Safety Schemes (2009) Food Authority, Australia.
- Food Standards Agency UK (2004). Survey of baby foods for mycotoxins. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis6804.pdf>.
- Flood J. (2010) The importance of plant health to food security, *Food Sec.* 2:215–231, DOI 10.1007/s12571-010-0072-5.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (2003). Results of 4th quarter national survey 2002 (NS4), European Commission co-ordinated programme for the official control of foodstuffs for 2002, Bacteriological safety of pre-cut fruit & vegetables, sprouted seeds and unpasteurised fruit & vegetables juices from processing and retail premises. [http://www.fsai.ie/surveillance/food\\_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf](http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf).
- FSA [Food Science Australia] (2000a). Final report – scoping study on the risk of plant products. Food Science Australia prepared for SafeFood NSW.
- FSA [Food Science Australia] (2000b) Fact Sheet Preservation of vegetables in oil and vinegar. Retrieved 14 January 2009, <http://www.foodscience.afisc.csiro.au/oilvine.htm>.



- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (undated). 3rd Trimester National Microbiological Survey 2005 (05NS3): EU Coordinated programme 2005, bacteriological safety of prepackaged mixed salads. Food Safety Authority of Ireland, Retrieved 2 December 2008, from [http://www.fsai.ie/surveillance/food\\_safety/microbiological/mixed\\_salads.pdf](http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/mixed_salads.pdf).
- Gilbert S., Lake R., Hudson A and Cressey P. (2006). Risk profile: Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in leafy vegetables. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009, [http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk\\_Profile\\_Shiga\\_Toxin-Science\\_Research.pdf](http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk_Profile_Shiga_Toxin-Science_Research.pdf).
- Jay S., Davos D., Dundas M., Frankish E. and Lightfoot D. (2003). Salmonella. In: Hocking A.D. (Ed.). Foodborne Microorganisms of Public Health Significance, pp. 207–266. Australian Institute of Food Science and Technology, Waterloo.
- Hernandez-Reyes C. and Schikora A. (2013) Salmonella, a cross-kingdom pathogen infecting humans and plants. FEMS Microbiol Lett 343, 1–7.
- Kirzinger M., Nadarasah G. and Stavrinos J. (2011) Insights into Cross-Kingdom Plant Pathogenic Bacteria. Genes 2, 980–997, doi:10.3390/genes2040980.
- Lake R., Hudson A., Cressey P. and Gilbert S. (2005). Risk profile: *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat salads. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009.
- Mahlen S. (2011) Serratia Infections: from Military Experiments to Current Practice. Clinical Microbiology Reviews, 24 (4), 755–791, 0893-8512/11/\$12.00 doi:10.1128/CMR.00017-11.
- Mendes R., Garbeva P. and Raaijmakers J.M. (2013) The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiology Reviews 37, 634–663.
- van Baarlen P., van Belkum A., Summerbell R.C., Crous P.W. and Thomma B.P.H.J. (2007) Molecular mechanisms of pathogenicity: how do pathogenic microorganisms develop cross-kingdom host jumps? FEMS Microbiology Reviews 31, 239–277.
- Pezzoli L., Elson R., Little C., Yip H., Fisher I., Yishai R., et al. (2008) Packed with Salmonella – Investigation of an international outbreak of Salmonella Senftenberg infection linked

- to contamination of prepacked basil in 2007. *Foodborne Pathogens and Disease* 5(5), 661–668.
- Szabo E., Scurrah K. and Burrows J. (2000) Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. *Letters in Applied Microbiology* 30, 456–460.
- Miller S.A., Beed F.D. and Harmon C.L. (2009) Plant Disease Diagnostic Capabilities and Networks. *Annual Review of Phytopathology* 47, 15–38.
- van Overbeek L., van Doorn J., Wichers J.H., Amerongen A., van Roermund H.J.W. and Willemsen P.T.J. (2014) The arable ecosystem as battleground for emergence of new human pathogens. *Frontiers in Microbiology*, article 104, 1–17, doi: 10.3389/fmicb.2014.00104.
- Turnbull-Fortune S. and Badrie N. (2014) Practice, Behavior, Knowledge and Awareness of Food Safety among Secondary & Tertiary Level Students in Trinidad, West Indies. *Food and Nutrition Sciences* 5, 1463–1481.

## ÖÇ 12: GIDA GÜVENLİĞİ, BİTKİ PATOJENİ BİLİNCİ VE YÖNETİMİ

### 1. Giriş

Enteropatojenik bakterilerin, kültür bitkileri üzerinde büyüebildiği ve barınabildiğine dair kanıtlar ortaya çıkmaktadır. Bu çok yönlü yaşam tarzı, tarımsal ürünlerin kirlenmesiyle bağlantılı gıda kaynaklı hastalıklardaki dikkate değer oranı açıklayabilir. İnsan konukçudaki infektivitenin tek etkenini, ürün üzerindeki enterik patojen nüfusun büyüklüğünün oluşturmadığı ileri sürülebilir. Bitkiler üzerindeki enterik patojenlerin etkileşimleri, sadece o yaşam alanında varlığını sürdürme becerilerini değil, aynı zamanda insanları enfekte etme yeteneklerini de artırabilir.

Gıda güvenliğinin insan sağlığı, sosyal davranış ve ekonomi üzerine önemli etkileri vardır. Üreticilerin ürünleri geri çekmesi ve yapılan tanıtımlar, tüketicilerin güveni ve tedarik zincirinin tüm noktalarında önemli bir ekonomik kayıp ile birlikte ürüne olan talebi azaltırken, gıda kaynaklı hastalık salgınları, ciddi sayıda insanı hasta edebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, Gıda bitkileri güvenliği Farkındalık Programı geliştirilmiştir. Sağlığı ve bitkisel ürünlerin güvenliğini kontrol altında tutmada kullanılan üç adım vardır: 1) tehlikeyi tespit et (tehlike tespiti); 2) riskleri değerlendir (risk değerlendirmesi); 3) değişiklikleri yap (risk kontrolü).

### 2. Patojen enfeksiyonunu ve yayılmasını etkileyen önemli risk faktörleri

Ürün kontaminasyonu için olan risk faktörleri, hem hasat öncesi (alanda) hem de hasat sonrası aşamalar olmak üzere tedarik zincirinde bulunmaktadır. Hasat öncesi aşamada, patojen popülasyonları büyüyen ürünler üzerinde yerleşebilir. Hasattan sonra ya doğrudan kontaminasyon yoluyla ya da işleme sırasında ve hasat sonrası işleme prosedürleri sırasında mevcut patojen nüfusunun çoğalması ile bu risk artabilir.

Suyun, alanda (tarlada) önemli bir kontaminasyon kaynağı olması muhtemeldir. Olası kaynaklar, yakınlardaki hayvan meralarından gelen akıntıları ya da kontamine bir kaynaktan yapılan sulamaları içermektedir. Ürünün sulanması için, mikrobiyolojik kalitede değişiklik gösteren bir dizi kaynaktan gelen suyun kullanılmasına ilişkin riskler değerlendirilmiştir ve geliştirilmiş kılavuzlara olan ihtiyacın farkına varılmıştır. Yapılan çalışmalar, *E. coli O157:H7*'nin kirlenmiş toprak aracılığıyla ıspanak bitkisinin nüfuz ettiğine dair hiçbir bulguya rastlanmazken, yaprakları üzerine kirlenmiş su damlatılmasından sonra ıspanak yapraklarına girdiği bulunmuştur. Bu, kontamine sulardan gelen patojenlerin, yağmurlama sulama sistemi

yoluyla bulaştırılma olasılığı daha yüksekken, damla sulama sistemi ile daha düşük olduğunu göstermektedir. Ancak, suyla bağlantılı kontaminasyon yollarına dair bildirilen tek yol, sulama değildir. Hasat sonrasında ürün işlemede su kullanılması da bir rol oynamıştır. *Salmonella serovar* Newport ile oluşan bir enfeksiyon salgını, meyve sineklerinin girişini önlemek için sıcak su içeren bir süreç ile işlenmiş mangoların tüketimine bağlanmıştır. Patojenler, yetersiz kompostlanmış ham hayvan gübrelerinin ya da kanalizasyon sularının uygulanması ile çevreye bulaştırılabilir. Yabani hayvanların dışkıları da bir kaynak olabilir. Önceden paketlenmiş ıspanaklarla ilişkili *E. coli* O157 enfeksiyonlarının ABD’de ortaya çıkan bir salgınında, salgının kaynağını bulma çalışmaları ve çevresel araştırmalar, Kaliforniya’nın Salinas Vadisindeki bir çiftliğin, salgının olası kaynağı olduğunu belirlemiştir. Salgında bulunan suşların değişken alanlı jel elektroforezi (PFGE) ve multilokus değişken sayıda ardışık tekrar analizi (MLVA) ile geliştirilen desenleri, yerel yabani domuz ve sığır dışkısından elde edilen izolatlardan alınan desenlerle eşleşmiştir. Ancak, ıspanağın kontamine olma şekli, belirlenememiştir. Böcekler de olası kontaminasyon kaynağıdır. Laboratuvar koşullarında, kontamine olmuş sineklerin, bakterileri doğrudan bitki yapraklarına ya da meyvelere bulaştırdığı gösterilmiştir. Yapılan çalışmalar, *E. coli* O157:H7 ile yaprak kontaminasyonuna sineklerin karıştığını göstermiştir. Büyükbaş hayvanların bulunduğu mera alanlarına yakın üretim alanlarında bulunan Muscidae ve Calliphoridae ailelerine ait çok sayıda sineğin, *E. coli* O157:H7 taşıdığı bulunmuştur. Meyve suyu yapımında kullanılan meyvelerin kontaminasyonunun iddia edilen kaynakları; kirlenmiş toprak, su, kanalizasyon suyunu ya da gübre ile temas etmiş olan yere düşen meyvelerin kullanımı, meyvelerin yıkanmasında veya işlenmesinde kirlenmiş su kullanılmasını ve tüketim noktasındaki kirlenmeyi içermektedir. Depolama ve durulamadan kesmeye kadar değişiklik gösteren, hasat sonrası işlemler de olası kontaminasyon kaynaklarıdır. Yaprakların kesilmiş yüzeyleri, onlara karşı özel bir yönelim gösteren *Salmonella* gibi patojen bakteriler için spesifik bir hedeftir, ve kesilmiş kavun buzdolabında bekletilmezse, kesilen kavunlar, meyvenin kabuk kısmından bakterilerin üreyebileceği yenilebilir kısmına kadar her yerinde patojen taşıyabilir. Büyük miktarlarda taze ürünü depolamak ve işlemek için kullanılan dipazlarda yetersiz bir şekilde dekontamine edilmiş suyun kullanılması, bütün bir partinin (malın) kirlenmesine neden olabilir. Ürünlerin, enterik hastalık kaynağı olarak ortaya çıkmasına katkıda bulunması muhtemel olan diğer çoklu faktörler şu şekildedir:

- Ürün endüstrisindeki değişiklikler:
  - Üretimin yoğunlaştırılması ve merkezileştirilmesi;

- Ürünlerin daha uzun mesafelerde daha geniş dağıtımı;
- Minimal işlenmiş ürünlerin uygulanması;
- Taze ürünlerin artan ithalatı;
- Tüketici alışkanlıklarındaki değişiklikler:
  - Ev dışında yemek yemenin artması;
  - Salata barların artan popülaritesi;
  - Taze meyve ve sebzelerin ve taze meyve sularının artan tüketimi;
- Risk altındaki nüfusun artan boyutu (yaşlılar, bağışıklık yetmezliği olan kişiler);
- Artan epidemiyolojik denetimler;
- Patojenlerin tespiti, tanımlanması ve takibi için geliştirilmiş yöntemler;
- Gelişen düşük bulaşıcı dozdaki patojenler.

### 3. Bitkisel ürünler gıda güvenliği planlarında sağlık risk analizi

Bitkisel ürünlerle ilişkili riskler üzerine yapılan risk değerlendirme çalışmaları, tüketime hazır doğranmış meyve ve sebzelerin, tohum filizlerinin, sıvı yağlı sebzelerin ve pastörize edilmemiş meyve sularının, yüksek risk teşkil ettiğini ortaya koymuştur. Bu, özellikle *Salmonella* nedeniyle Avustralya ve ABD'de gıda kaynaklı hastalık salgını geçmişleri yüzünden yapılmıştır. Bu ürünlerin Avustralya'daki yıllık tüketimi, 11.000 ton tüketime hazır doğranmış sebze, 150 ton tüketime hazır doğranmış meyve, 2600 ton tohum filizi, 1000 ton sıvı yağlı sebze ürünleri ve 100,000 L pastörize edilmemiş meyve suyu olarak tahmin edilmiştir.

Bitkisel ürünlerle ilgili yapılan araştırmalar, bu yüksek riskli bitkisel ürünlerin, *L. monocytogenes*, *Aeromonas spp.*, *B. Cereus* ve *Salmonella* ile kontamine olma potansiyellerini göstermiştir. Tüketime hazır doğranmış sebze ve meyvelerin kontaminasyonu, büyüme, hasat ya da işleme sırasında oluşabilir; modifiye atmosfer koşulları altında paketlenmiş ürünler için ana patojenler genel olarak *L. monocytogenes* ve *C. botulinum*dur. Bu ürünler, çiğ tüketildikleri zaman yüksek riskli olarak kabul edilir. Tohum filizleri, tohumların büyümesi ve hasadı sırasında ve ayrıca mikroorganizmaların büyümesi için neredeyse mükemmel bir ortam sağlayan filizlenme işlemi sırasında *B. cereus*, *Salmonella* ve patojenik *E. coli* ile kontamine olabilir. Yağa batırılmış sebzelerin sağladığı oksijeni azaltılmış ortam, *botulizmin* (gıda zehirlenmesi) nedeni olan *C. botulinum* dâhil olmak üzere anaerobik mikroorganizmaların büyümesine izin vermektedir. Riski azaltmak için, sebze ya da meyveler genellikle pişirilir ve yağa batırılmadan önce asitlendirilir. Pastörize edilmemiş meyve suları, ya meyvenin dış kabuğundaki kontaminasyon nedeniyle ya da hasarlı ve küflenmiş meyvelerin kullanılması

nedeniyle sıkma işlemi sırasında kontamine olabilir. Meyve suyuna ısıtma işlemi uygulanmadığından dolayı, mevcut herhangi bir patojen mikroorganizma varlığını koruyabilir ve asite karşı dayanıklı patojenik *E.coli* ve *Salmonella* suşları gelişebilir.

### 3.1.Savunmasız kişiler için gıda güvenliği planı

Nüfusun belirli alt grupları, gıda kaynaklı hastalıklarda daha fazla risk altındadır ve genel nüfusa kıyasla bu gruptaki kişilerde gıda kaynaklı hastalık nedeniyle daha şiddetli durumlar gelişebilir. Savunmasızlığın derecesi, bireyin hassaslığına ve patojenik mikroorganizmanın patojenitesine bağlıdır. Genel anlamda, savunmasız nüfus grubu, beş yaş altındaki çocukları, 65 yaş üstü insanları, hamile kadınları ve bağışıklığı zayıf kişileri kapsamaktadır.

New South Wales'daki (Avustralya) hastaneler, yaşlı bakım evleri, darülaceze, gündüz bakım merkezleri ve çocuk bakım merkezleri gibi farklı tesislerde savunmasız kişilere sunulan öğün sayısının, yılda yaklaşık 133 milyon olduğu tahmin edilmektedir. Her yıl, bu tesislerde sunulan yaklaşık bir milyon öğünün, gıda kaynaklı bir patojen ile kontamine olabileceği öngörülmektedir.

1995 yılından bu yana, Avustralya'daki yaşlı bakım evleri, çocuk bakım merkezleri ve hastanelerde, 758 hastalık ve 75 ölümlerle birlikte 65 gıda kaynaklı hastalık salgını ortaya çıkmıştır. İlişği olduğu düşünülen patojenler, *Salmonella*, *C. perfringens*, *L. monocytogenes* ve *Campylobacter*dir. Avustralya ve denizaşırı ülkelerde, çocuklardaki yüksek salmonelloz görülme oranları nedeniyle çocuklar, daha fazla *Salmonella* riski altındayken, görülen gıda kaynaklı hastalıkların ve ölümlerin oranı, genel nüfus içinde hastalığın başlangıç seviyesine kıyasla bakım evlerinde yaşayan yaşlılarda çok daha yüksektir. Savunmasız kişileri ilgilendiren asıl tehlike, genel nüfusa kıyasla listeriyoza karşı 100 kat daha hassas olan savunmasız nüfus içindeki bazı alt gruplarda *L. monocytogenes*dir. Diğer tehlikeler ise, kontamine bal tüketimi ile *C. botulinum* maruz kalan bebekleri, *Cronobacter sakazakii* (eski adıyla *Enterobacter sakazakii*) ile kontamine olmuş bebek mamalarını tüketen yeni doğan bebekleri ve çiğ istiridye yoluyla *Vibrio vulnificus*'a maruz kalmış olan karaciğer fonksiyon bozukluğu olan bireyleri içerir. Savunmasız alt gruplarda, daha şiddetli hastalıklara neden olabilecek olan diğer organizmalar, patojenik enterohaemorrhagic *E. coli*, *S. aureus* ve *C. perfringens*'i içermektedir. Gıdalarla ilişkili riskleri değerlendirirken, gıda hazırlamayı ve tehlikeli senaryolarını dikkate almak önemlidir. Savunmasız kişilere hizmet eden işletmeler, menüleri tasarlarken ve gıdaları tedarik ederken, hazırlarken ve sunarken, bu işletmelerin, tüketicilerinin hassaslığını dikkate alması gerekmektedir. Gıda Standartları Kanunu'na göre, bu işletmelerin, yüksek riskli

gıdaların düşük riskli alternatifleri ile ikamesi, çiğ tüketilecek meyve ve sebzelerin etkili temizliği ve sanitasyonu, depolamanın sınırlanması, gıdaların düzgün pişirildiğinin garanti edilmesi ve malzemelerin etkili temizliği ve sanitasyonu dâhil olmak üzere bir gıda güvenliği programı uygulaması gereklidir.

### 3.2.Risk değerlendirme

Risk değerlendirme, tehlikeli maddelerle başa çıkmak için güvenlik ilkelerinin, mevcut seçeneklere rasyonel bir şekilde uygulanmasıdır. Potansiyel bir patojeni değerlendirirken, aşağıdaki özellikler dikkate alınır:

- Maddenin biyolojik ve fiziksel doğası;
- Maddeyi barındırması muhtemel olan kaynaklar;
- Konukçunun hassaslığı;
- Maddeyi yayabilecek prosedürler;
- Maddeyi en etkili şekilde inaktive etme yöntemi.

Patojenlerin biyolojik doğası, söz konusu patojenlerin **risk gruplarına** dağılımlarını belirlemiştir.

#### Patojenlerin risk grupları

İnsan patojenleri olan mikroorganizmalar, belirli bir patojenin aktarılabilirliği, yayılabilirliği, sayırganlığı (virülence) (örn, hastalığa neden olabilme) ve öldürücülüğüne bağlı olarak risk gruplarına (RG) ayrılabilir. Enfeksiyöz maddelerin risk gruplamaları (RG1 den RG4 'e kadar) önleme uygulamaları, güvenlik ekipmanları ve bu mikroorganizmalarla güvenli bir şekilde başa çıkılması için tavsiye edilen tesis tasarım özelliklerini tanımlayan biyo güvenlik düzeylerine (BSL1'den BSL4'e kadar) yaklaşık olarak karşılık gelmektedir.

Sağlıklı yetişkinler için patojenik olmayan RG1 maddeleriyle başlayan şema, RG4 için gittikçe artan tehlikeler şeklinde ilerlemektedir.

**RİSK GRUBU 1** maddeleri, sağlıklı yetişkinlerdeki hastalıkla ilişkili değildir. Örnekler: *E. coli K-12*, *Saccharomyces cerevisiae*.

**RİSK GRUBU 2** maddeleri, nadiren ciddi olan ve genellikle önleyici ya da tedavi edici müdahalelerin mevcut olduğu bir insan hastalığı ile ilişkilidir. Örnekler: *enteropatojenik E. coli suşları*, *Salmonella*, *L. monocytogenes*, *Cryptosporidium*, ve *Staphylococcus aureus*.

**RİSK GRUBU 3** maddeleri, önleyici ya da tedavi edici müdahalelerin mevcut olabildiği (yüksek bireysel risk ancak düşük topluluk riski) ciddi ya da ölümcül insan hastalıkları ile



ilişkilidir. Örnekler: insanlarda immün yetersizliği virüsü, *Brucella abortus*, *Mycobacterium tuberculosis*.

**RİSK GRUBU 4** maddelerinin, önleyici ya da tedavi edici müdahalelerin genellikle mevcut olmadığı (yüksek bireysel risk ve yüksek toplum riski) ciddi veya ölümcül insan hastalıklarına neden olması muhtemeldir. Örnekler: *Ebola virüsü*, *Cercopithecine herpes virusu 1* (Herpes B ya da Maymun B virüsü).

Ancak, risk grubu atama değerlendirmesi, kapsamlı bir risk değerlendirmesi için sadece bir başlangıç noktasıdır. Planlanmış prosedürler ve mevcut güvenlik ekipmanları gibi durumlara daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. Daha sonra, sadece risk grubu atamasına dayalı olanlarla ilgili olarak önerilen önlemler artırılabilir ya da azaltılabilir ve patojenin kullanılacağı özel durumu yansıtacak şekilde düzeltiler. RG1'deki mikroorganizmalar, standart temel biyolojik laboratuvar tesislerinin ve mikrobiyolojik uygulamaların kullanılmasını gerektirir, buna karşılık RG4'teki mikroorganizmalar, maksimum muhafaza tesislerini ve uygulamaları gerektirir. UW-Madison'da deneysel olarak ele alınması muhtemel maddelerin bazıları, sırasıyla orta ve yüksek tehlike olarak belirlenmiş olan RG2 ya da RG3 patojenlerdir. Bu maddeler, genellikle standart laboratuvarlarda mevcut olanlardan daha gelişmiş mühendislik kontrollerini (örn, tesis ve ekipman), ve ayrıca özel müdahalede bulunmayı ve dekontaminasyon prosedürlerini gerektirir. Değerlendirme, aynı zamanda insan patojenleri gibi risk gruplarına ayrılmayan hayvan ve/veya bitkilerde hastalıklara neden olan mikroorganizmalara kadar genişletilmiştir. Hayvan ve bitki patojenleri için istenen önleme, hastalığın şiddetine ve yerel ortamda yayılabilmesine ve ortamda varlığını korumasına bağlıdır. Bulaşıcı bir maddeyle temasın ardından, invazyondan enfeksiyona ve hastalığa doğru ilerleme; doza, bulaşma yoluna, maddenin invaziv özelliklerine ve maruz kalan konağın virülansına ve direncine bağlıdır. Bulunulan temasların tümü enfeksiyona neden olmamaktadır ve hatta çok azı klinik hastalık haline dönüşmektedir. Hastalık oluştuğunda dahi, şiddeti önemli ölçüde değişebilir. Azaltılmış patojenite iyi belgelenmezse ve geri döndürülemezse, zayıflatılmış suşlar, virulent suşlara uygulanan aynı önlemlerle ele alınmalıdır. Çoğaltma kusurlu olsa bile, viral vektörler, hala yabani tip suşlarla bir birleşme tehdidini ve/veya bunların yabancı genlerinin kasıtsız iletimi tehdidini oluşturabilir. Virülansı varsaymak tedbirli bir davranıştır.

#### **Bitkisel ürünler, hangi insan patojenlerini barındırır?**

Gıda temelli hastalıkların kaynağını ilişkilendirme çalışmalarının ilk odak noktası olarak düzenleyici kurumlar tarafından dört öncelikli patojen tespit edilmiştir: bunlar; *Salmonella*, *E. coli O157: H7*, *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter*. Ayrıca, bitkisel ürünlere dair

yapılan araştırmalar, yüksek riskli bitkisel ürünlerin, çiğ tüketildikleri zaman *L. monocytogenes*, *Aeromonas spp*, *E. coli*, *B. cereus*, *C. botulinum*, ve *Salmonella* ile kontamine olma potansiyelini ortaya koymuştur. Bir önceki bölümde tartışıldığı gibi tüketime hazır doğranmış sebze ve meyve kontaminasyonu; ürünlerin büyümesi, hasadı ya da işlemesi ve hasat edilen ürünlerin depolanması ve atmosfer koşulları altında paketlenmesi sırasında oluşabilir.

Belirtilen risk değerlendirmesi, Gıda Yönetmeliği'nin gıda güvenliği programları çerçevesinde düzenlenen gıda işletmeleri ile ilgili tehlikeleri gözden geçirecektir ve bu değerlendirme; tüketime hazır doğranmış sebze ve meyveler, pastörize edilmemiş meyve suları ve sıvı yağlı sebzeler gibi bitkisel ürünleri içermektedir. Risk değerlendirmesi, risk analizi olarak adlandırılan genel bir sürecin bir parçasını oluşurmaktadır. Risk analizi, belirli gıda veya gıda gruplarıyla ilgili riskleri değerlendirmek, yönetmek ve iletmek için hükümetler ve sanayiler tarafından kullanılmaktadır ve karşılığında da gıda kaynaklı hastalık riskinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Codex Alimentarius Komisyonu (CAC), **risk analizini üç parçaya** ayırmaktadır.

- **Risk değerlendirmesi** - gıda güvenliği tehlikesinin (tehlikelerinin) yarattığı potansiyel riskin tespit edildiği bir süreçtir;
- **Risk yönetimi** - Risk değerlendirmesinde belirlenen tehlikeleri kontrol etmek için alternatifleri belirleme süreci; ve
- **Risk iletişimi** - ilgili taraflar arasında risk ve risk yönetimi konusunda bilgi alışverişi.

CAC (1999) **risk değerlendirmesinin dört bileşenini** tanımlamıştır:

- **Tehlike tanımlama** - gıda ile ilişkili potansiyel tehlikelerin belirlenmesi sürecidir.
- **Maruz kalma değerlendirmesi** – potansiyel olarak insanların tehlikeye maruz kalmasına dair yapılan bir tahmindir, belirli bir gıdada oluşma ve/veya gıdanın potansiyel tüketim oranları gibi verilerin kullanımını içermektedir. Maruz kalma değerlendirmesi, maruziyetin derecesini etkileyen bir takım şartlar olarak tanımlanabilir.
- **Tehlike karakterizasyonu** - tehlike ile ilişkili potansiyel hastalıkların değerlendirilmesi.
- **Risk karakterizasyonu** - tehlike tanımlama, maruz kalma değerlendirmesi ve tehlike karakterizasyonunda toplanan bilgilere dayanan olumsuz sağlık etkilerinin görölme olasılığını ve şiddetini belirleme sürecidir. Risk karakterizasyonu, tanımlanmış maruz kalma şartları altında, olumsuz etkilerin olasılığının "niceliksel ölçümü" olarak

görülebilmektedir. Bazı yazarlar, bitki patojenlerinin etkisini değerlendirirken, maruz kalmanın büyüklüğü ve olumsuz etkilerin olasılığı arasındaki ilişkinin belirlenmesini içeren doz-yanıt değerlendirme adımını da eklemektedir.

### 3.2.1. Tehlike tanımlama

Patojen bulaşma riski yüksek olan altı ürün için (Tablo 1) mikrobiyolojik tehlike tespit edilmiştir. Gıda güvenliği şeması, yüksek riskli bitkisel ürünleri üreten işletmeler için asgari düzeyde düzenleyici gereklilikleri tanıtmak için ve bu ürünler ile ilişkili mikrobiyolojik tehlikelerden gelen riskleri en aza indirmek amacıyla kontrol önlemleri uygulamak için geliştirilmiştir.

**Tablo 1. Bitkisel ürünlerle ilişkili mikrobiyolojik tehlikeler**

Bitkisel ürün	Yüksek risk derecesi	Orta risk derecesi
Tüketime hazır doğranmış sebzeler – çiğ tüketilebilir	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars <i>L. monocytogenes</i>	
Tüketime hazır doğranmış sebzeler – dondurulmuş, modifiye atmosferde paketlenmiş ya da uzatılmış raf ömrü	<i>L. monocytogenes</i> <i>C. botulinum</i>	
Sıvı yağlı sebzeler	<i>C. botulinum</i>	
Tohum filizleri	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars	<i>B. cereus</i> <i>L. monocytogenes</i>
Tüketime hazır doğranmış meyveler	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars <i>L. monocytogenes</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i> Enteric viruses
Meyve suları / içecekler (pastorize edilmemiş)	<i>Salmonella</i> serovars Pathogenic <i>E. coli</i>	

FSA (2000a)'dan uyarlanmıştır

### Tüketime hazır doğranmış sebzeler

Tüketime hazır doğranmış meyve ve sebzeler, tüketime hazır hale getirilmesi için yıkama, kırma, kesme ya da dilimleme aracılığıyla işleme tabi tutulan ham tarımsal ürünlerdir.

Sebzelerde kontaminasyon, büyüme, hasat veya işlenmesi sırasında oluşabilir. Belirli koşullar altında, mikroorganizmalar da sebzelere nüfuz edebilir. Mikroorganizmaların girişini teşvik eden durumlar; doğal yapıya verilen zararı (örn, delikler, kök izleri, kesikler ve yarıklar) ve ılık bir ürünü soğutucuya koymayı ve kirlenmiş yıkama suyunu kapsamaktadır. Bu gıdaların, patojenik *E.coli*, *Salmonella* serovarları ve *L. monocytogenes* ile yüksek kontaminasyon potansiyel riskleri vardır. Bitkilerin koruyucu dış yüzeylerini kesme ve/veya soyma işlemi, patojen bakterilerin hayatta kalma ve/veya büyüme potansiyelini artırabilir. Çoğu bitkisel ürün, patojenleri tamamen ortadan kaldıracak öldürücü bir adıma maruz kalmaz; ancak, patojenlerle oluşan mikrobiyal kirlenmeyi azaltmak için sterilize amaçlı yıkama gibi önlemler kullanılabilir.

Birçok tüketime hazır doğranmış sebze, raf ömrünü uzatmak için MAP kullanılarak paketlenir ve dondurulur. Bu tür bir işlem, patojenlerin hayatta kalmalarını artırarak ve büyümeleri için ek süre vererek *L. monocytogenes* ve psikrotrofik *C. botulinum* suşları gibi patojenlerden gelen riskin artmasına yol açabilir. Bitki dokusu aktif olarak solunum yapmıyor ve bütün oksijeni kullanıyorsa, MAP ürünleri, tamamen anaerobik hale gelir. Aerobik bozulma organizmalarından gelen herhangi bir rekabet engelleneceği için, bu, büyümeleri için anaerobik ya da fakültatif anaerobik patojenler için fırsatı artırabilir.

### **Tüketime hazır doğranmış meyveler**

Taze meyveler, sebzelere kıyasla daha kalın bir koruyucu tabakaya sahip olduklarından ve çoğu meyve, ağaç ya da çalılardan hasat edildiğinden taze meyveler, normalde, düşük riskli gıdalar olarak algılanmaktadır. Göze çarpan istisnalar ise yere yakın büyüdüğü ve yüzeyleri toprakla kontamine olabildiği için daha yüksek riskli olarak kabul edilen kavun ve çilektir.

Meyve kontaminasyonu, hasat ve işleme (yıkama dâhil) yoluyla büyümelerinden (toprak, gübreleme, sulama suyu ve hayvan/kuş atığı) dağıtım, pazarlama ve tüketime kadar herhangi bir noktada meydana gelebilir. Birçok mikrobiyal patojen, düşük pH ortamı nedeniyle çoğu meyvede hayatta kalamaz ya da büyüyemez. Ancak, kavun ve çileğin nispeten yüksek pH'ı vardır, bu da onları gıda güvenliği için bir tehlike oluşturmaya daha olası hale getirir. Buna ek olarak, kavunun dış kabuğu gözenekli olmaya eğilimlidir, bu da patojenlerin ve tarım kimyasallarının meyveye nüfuz etmesine neden olabilir. Kavun genellikle hasattan sonra sterilize amaçlı bir çözeltiliye batırılır.

Tüketime hazır doğranmış meyveler; soyma, doğrama, dilimleme ve pakitleme ile katma değer kazanabilir. Birçok tüketime hazır doğranmış meyve, raf ömrünü uzatmak için MAP kullanılarak paketlenir ve dondurulur. Bu, zaman içinde, meyvenin asidik ortamına adapte olan

ve bu gıdalarda hayatta kalabilen ve büyüeyebilen patojenlerden gelen riskin artmasına yol açabilir.

Tüketime hazır doğranmış meyvelerde, çeşitli bakteriyel (*E. coli*, *Salmonella* serovarlar ve *L. monocytogenes*) ve viral patojenler, ve enterik parazitler (*Cryptosporidium parvum*) bir endişe kaynağı olarak tespit edilmiştir. Meyvelerin koruyucu dış yüzeylerini kesme ve/veya soyma işlemi, patojenlerin hayatta kalma ve/veya büyüme potansiyelini artırabilir. Enfekte olmuş meyve toplayıcıları ve işleyicileri de, önemli bir kontaminasyon kaynağıdır.

### **Yağda sebzeler**

Bu ürün kategorisi, çok çeşitli sebzeleri ve taze, kurutulmuş, kavrulmuş veya asitlendirilmiş olarak kullanılacak sebze ve bitkilerden oluşan bir karışımı içermektedir. Havayı içeri sokmamak için yağ eklenir, bu da sebzenin solmasını engeller. Sebzelerin yağa batırılması, kabın içindeki mevcut oksijeni azaltmasına rağmen, popüler inancın aksine bu, gıdayı korumaz. Bazı patojenik bakteriler, azaltılmış oksijen seviyelerinde ve hatta anaerobik koşullar altında hayatta kalabilir ve büyüeyebilir. *C. botulinum*, anaerobik büyüme kabiliyeti nedeniyle endişe yaratan ana patojendir ve yağda sebze tüketiminden kaynaklanan hastalık salgınları ile ilişkilendirilmektedir. Sebzeler, sık sık toprakla ilişkilendirilen *C. botulinum* sporlarıyla kontamine olabilir ve pişirme ve asitleştirme gibi işlemler, sporları inaktive etmede ya da filizlenmelerini ve büyümelerini önlemede yetersiz kalabilir. pH 4.6'nın altındaki asitleştirme, filizlenmeyi önlemelidir; ancak, önlem olarak birden fazla engel önerilmektedir.

### **Tohum filizleri**

Tohum filizleri, genellikle çiğ tüketilir ve yonca, maş fasulyesi, nohut, tere, çemen, soya, mercimek, ayçiçeği, soğan ve turp'u içerir. Tohum filizleri genellikle hasat ve taşıma sırasında herhangi özel bir müdahale görmezler, bu nedenle alanda ya da hasat, taşıma, işleme ve dağıtım sırasında patojenik organizmalarla kontamine olabilir. Bazı fasulye filizleri, tüketilmeden önce pişirilebilirken, diğerleri salatada olduğu gibi çiğ tüketilir.

Sık sık tohum filizleri ile ilişkili bulunan mikrobiyolojik patojenler, *B. cereus*, *Salmonella* serovars ve *E. coli*'yi içermektedir ve bu organizmalar da gıda kaynaklı hastalık salgınlarından sorumlu tutulmuştur. Tohumdaki pürüzlü yüzeyler ve çatlaklar, patojenleri mikrobiyosidal müdahalelerden koruyabilir ve rutin analizler sırasında tespiti zorlaştırabilir. Yüksek düzeyde organik madde de tohum yıkama ve tohum çimlenme sırasında klor müdahalelerinin etkinliğini azaltabilir. Tohum üzerinde çimlenme için  $10^2$ - $10^7$  kob/g bakteriyel popülasyon gözlenmiştir ve bu doğal nüfus, çimlenme tesislerinde kullanılan yüksek nem ve ılıman sıcaklık koşulları altında hızla artabilir. Mikroorganizmalar da büyüme sırasında filizlerin içine girebilir, bu

yüzden filizlenmiş tohumlara sanitasyon yıkamalarının uygulanması etkili olmayabilir (FSA, 2000a).

### **Pastörize edilmemiş meyve suları**

Meyve suları, meyvelerin (narenciye suları) sıkılması ya da meyveleri suda yumuşatma (üzüm, kiraz, dut, elma suyu, vb.) yoluyla yapılır. Bunu, mikrobik yükü azaltmak için damıtma, filtreleme, pastörizasyon ve/veya diğer işlemler izleyebilir. Son yıllarda, koruyucu madde ihtiva etmeyen ve çok az ya da hiç ısı tedavisi uygulanmamış 'doğal' meyve suları üretme eğilimi vardır.

Meyvenin yüzeyinde bulunan herhangi bir mikroorganizma, bu meyveden yapılmış olan meyve suyunu potansiyel olarak kontamine edebilir. Düşük pH nedeniyle bakteriyel patojenlerin büyümesi olası değildir, ama bazı bakteriler, virüsler ya da protozoonlar uzun süre hayatta kalabilir. Mikroorganizmaların hayatta kalabilme süreleri, meyve suyunun pH değerine, depolama sıcaklığına ve mikroorganizmanın fizyolojik durumuna bağlıdır. Bazı *Salmonella* serovarları ve patojenik *E. coli* suşları, özellikle asite dayanıklılıklarıyla bilinmektedir, bu tepkiyle de daha önceden subletal pH değerlerine maruz bırakılmayla aktive olduğu düşünülmektedir.

Elma ve armut suyu, bazı *Penicillium* ve *Aspergillus* türlerinden üretilen mikotoksin patulinle kontamine olabilir. *P. expansum*, elma ve elmadan yapılan ürünlerde ana patulin üreticisi olarak görünmektedir. Patulin, meyvenin çürüyen dokusunda konsantre edildiği için meyve suyunu yapmak için kullanılan meyvenin kalitesinin iyi bir göstergedir.

Meyve sularının asidik doğası, onları metallere karşı aşındırıcı hale getirir. Potansiyel bir kimyasal kontaminasyonu önlemek için, bu ürünleri saklamak için sadece paslanmaz çelik veya korozyona dayanıklı kaplar kullanılmalıdır. Bakır gibi diğer metaller, depolama sırasında içeceğin içine nüfuz edebilir.

### **3.2.2. Maruz kalma değerlendirmesi**

#### **Üretim verileri**

Marul, roka ve bebek ıspanak gibi yapraklı salata sebzeleri, tüketime hazır doğranmış ürünler kategorisinde en yaygın ürünlerdir. Sınırlı sanayi bilgilerine dayanarak, tüketime hazır doğranmış sebze ve meyvelerin tahmini yıllık tüketimi, 11.000 ton tüketime hazır doğranmış sebze, 150 ton tüketime hazır doğranmış meyve, yaklaşık 1000 ton yağda sebze ve 2100 ila 2600 ton arasında tohum filizi şeklindedir. Meyve suyu tedarikçileri, pastörize edilmemiş meyve suyu üretiminin, perakende tesislerde hazırlanan meyve suları hariç, yaklaşık 100.000 L/yıl olmak üzere nispeten düşük hacimde gerçekleştiğini öne sürmektedir.



## Bitkisel ürünlerin tüketimi

1997–1998 ve 1998-1999 yıllarındaki meyve tüketimi, %8,3 artarak kişi başına 124.7 kg'dan 135.0 kg'a çıkmıştır. Aynı dönemde, portakal ve diğer narenciyelerin ithalatı da %62'den fazla artmıştır. Sebze tüketimi son on yılda sürekli %9.4 oranında artış göstermiştir. 1997–1998 yıllarındaki kişi başı domates tüketimi, 1998–99 yıllarında, %19'luk bir artış göstererek 20.9 kg'dan 24,9 kg'a çıkmıştır. Diğer sebzeler kategorisi, 1998–99 yıllarında kişi başı tüketimde %4.6 artış göstermiştir ve 25.1 kg'a çıkmıştır. Tüm katılımcıların yaklaşık %35'i, ortalama tüketim günde 250 ml olmak üzere, meyve suyu ve içecek tüketmiştir.

## Bitkisel ürünlerde tehlike sıklığı

Genellikle, bitkisel ürünler üzerine az sayıda araştırma yapılmıştır. Tüketime hazır salata ve sebzelerden alınan 54 adet numunenin analizi, sadece bir tanesinin *L. monocytogenes* açısından pozitif olduğunu ortaya koymuştur. Szabo ve ark. (2000) minimal düzeyde işlenmiş, kesilmiş ve paketlenmiş 120 adet marul örneğini test etmiştir. *L. monocytogenes* açısından üç numune (%2.5), *Aeromonas hydrophila* ya da *A. caviae* açısından 66 numune (%55) ve *Y. enterocolitica* açısından 71 numune (%59) pozitif bulunmuştur. Taze sıkılmış meyve sularının mikrobiyolojik kalitesi üzerine yapılan bir araştırma, 1/291 örnekte (%0.3) *L. monocytogenes* tespit edildiğini göstermiştir, ancak seviyesi, numunenin, potansiyel olarak tehlikeli olarak sınıflandırılması için yeterli olmuştur. 7/291 örnekte (%2.4) *E.coli* tespit edilmiştir. 2006 yılında, bir perakende mağazasından alınmış olan tohum filizlerinde 261 örnekte 7 tanesinde (%2.7) *E. coli* tespit edilmiştir, ancak herhangi bir numunede *Listeria* ve *Salmonella* tespit edilmemiştir. Bir numune, verotoksijenik *E. coli* (VTEC) varlığı nedeniyle potansiyel olarak tehlikeli bulunmuştur ve ayrıca iki numune daha, yükselmiş *E. coli* seviyeleri nedeniyle yetersiz olarak kategorize edilmiştir. 2008 yılında 122 numuneyle yapılan daha geniş bir araştırmada, örneklerin %99.2'nin mikrobiyolojik açıdan kabul edilebilir olduğu ve 5500 cfu/g düzeyindeki *B. cereus* nedeniyle yetersiz olarak sınıflandırılan tek bir örnek olduğu bulunmuştur. Herhangi bir numunede *Salmonella*, *L. monocytogenes* ve VTEC tespit edilmezken tüketime hazır doğranmış sebzelerin 1/119 örneğinde (%0.8) *E. coli* tespit edilmiştir.

İrlanda Gıda Güvenliği Otoritesi (FSAI), Avrupa Komisyonu koordine programının bir parçası olarak bir dizi bitkisel ürünün bakteriyolojik güvenliğini araştırmıştır. Önceden kesilmiş sebze ve meyve örneklerinde, 1/529 örnekte (%0.2) *Salmonella*, 1/344 örnekte (%0.3) *L. Monocytogenes* varlığından dolayı kabul edilemez/ potansiyel olarak tehlikeli olarak sınıflandırılan örnekler vardı. Nitel testlerde, 21/513 örnek (%4.1) *L. monocytogenes* açısından pozitif bulunmuştur. Hiçbir tohum filizleri örneği, kabul edilemez ya da potansiyel olarak



tehlikeli olarak sınıflandırılmıştır. 1/26 örnekte (%3.8) *L. monocytogenes* saptanmıştır. Pastörize edilmemiş meyve ve sebze sularında hiçbir sorun tespit edilmemiştir.

Benzer bir Avrupa Komisyonu programı, *L. monocytogenes* için İngiltere'de perakende tesislerinden alınan önceden paketlenmiş karışık salataları araştırmıştır. Toplanan örneklerin %4.8'inde *L. monocytogenes* tespit edilmiştir. FSAI tarafından yapılan paralel bir araştırma da araştırma deseninde *Salmonella* testi kullanmıştır. Nicel analizler, 100 kob/g'ı aşan seviyelerde *L. monocytogenes* bulunan iki örnek tespit etmiştir. İngiltere'de incelenen hazır salata ve meyveler üzerine yapılan araştırmaların özetlenmiş mikrobiyolojik sonuçları, hiçbir *E. coli* O157 veya *Campylobacter* izolasyonu göstermemiştir. Torbalara koyulmuş salata sebzelerinin 3852 örneğinden (%0.1) beş tanesi *Salmonella* açısından pozitif çıkmıştır, ancak diğer maddeler negatif çıkmıştır. *L. monocytogenes* ve incelenen çoğu maddede genellikle düşük sıklıkta *E. coli* tespit edilmiştir.

ABD'de bitkisel besinlerde bulunan bakteri patojenleri üzerine yapılan çalışmalar (2006 *Annus horribilis*), kontamine yiyecekte ciddi bir artış olduğunu göstermiştir. Örneğin: filizler, *Salmonella* - 100 vaka; marul, *E. coli* O121: H19 - 4 vaka ve *E. coli* O157: H7 - 162 vaka; ıspanak, *E. coli* O157: H7 - 202 vaka; havuç suyu; *Cl. botulinum* - 6 vaka; domates, *Salmonella* - 400 vaka; çilek, şüphe edilen *L. monocytogenes*; kavun ve ıspanak, şüphe edilen *Salmonella*.

### 3.2.3. Tehlike karakterizasyonu

#### Bitkisel ürünlerden çıkan gıda kaynaklı hastalık salgınları

Bitkisel ürünlerde tehlikelere maruz kalma göstergesi, 1995 ve 2008 yılları arasında taze ürünlere ve bitkisel ürünlere atfedilen gıda kaynaklı hastalık salgınlarının incelenmesiyle sağlanır.

Bu dönemin öncesinde, 1989 yılında, Avustralya'da *Salmonella* nedeniyle meyve salatasından üç ayrı salgın baş göstermiştir; 1991 yılında ise, ülke çapındaki Norovirus salgını, pastörize edilmemiş portakal suyu tüketimine bağlanmıştır. Ayrıca, kontamine olmuş meyve salatasından kaynaklanan listeriosis salgını, dikkatleri, bitkisel ürünlerden kaynaklanan listeriosis riskine çekmiştir. 1998–1999 yıllarında, altı yaşlı hasta ölmüştür ve dokuz tane daha yaşça ileri hasta etkilenmiştir.

1996 yılında, Japonya'da Osaka, Sakai City'de, okul çocukları arasında *E. coli* O157:H7 enfeksiyon salgını meydana gelmiştir. Salgın, 56 okulda hizmet veren merkezi öğle yemeği programında sunulan beyaz turp filizlerine bağlanmıştır. 8000'in üzerinde çocukta semptomlar ortaya çıkmıştır ve 398 çocuk hastaneye kaldırılmıştır. Çevre bölgelerde iki adet *E. coli* O157:H7 vakası daha beyaz turp filizleriyle ilişkilendirilmiştir. Bu vakalarda etken olduğu

düşünülen tüm filizlerin çıkış noktasının, bir çiftlik olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu durum, merkezi olarak işlenmiş ve yaygın olarak dağıtmış ürünlerde tehlikenin, bir gerçeklik halini almasıyla sonuçlanabilen bir salgının boyutunu göstermektedir.

ABD'de, 1993 yılından 1997 yılına kadar, 16,058 hastalıkla, 598 hastaneye yatışla ve sekiz kişinin ölümüyle sonuçlanan, 190 tane ürün-ilişkili salgın tespit edilmiştir. Ürün ilişkili salgınlar, belli bir yiyeceğin neden olduğu kayıtlara geçmiş tüm gıda kaynaklı salgınlar içinde artan bir orana sahiptir; 1970'lerde %0,71'den 1990'larda %6'ya kadar yükselmiştir. Salata, marul, meyve suyu, kavun, filiz ve böğürtlen etken olduğu en sık düşünülen taze ürünleri oluşturmuştur. 1990'dan 2005 yılına kadar olan dönemde, yeşilliklerden yapılan salatalar, kavun, marul ve *Salmonella* bulaşmış filizlerde kontaminasyon olan çeşitli vakalar bildirilmiştir. Ürün ilişkili salgınlar; ortalama 47,8 vakayla sonuçlanmıştır ki bu oran, bildirilmiş olan kümes hayvanları, sığır eti ve deniz ürünlerinden kaynaklanan salgınlardaki orandan daha yüksektir. 2006 yılında meydana gelen dört salgın daha tespit edilmiştir: kökeni, *E. coli* O157 ile kontamine olmuş taze ıspanağa dayanan bir salgın; kaynağı domatese bağlanan *salmonellosis*, ve *E. coli* O157:H7 ile kontamine olmuş marulla bağlantılı bulunan iki salgın olmuştur. 2007 Ocak ayı itibarıyla, 103 hastaneye yatışın, 31 hemolitik üremik sendrom (HUS) vakasının ve teyit edilmiş üç ölümün olduğu 205 vaka rapor edilmiştir. Kontaminasyonun kaynağının, bir çiftliğe dayandığı bulunmuştur. Patojenlerin ıspanağı nasıl kontamine ettiği kesin olarak belirlenemezken, ürün tarlalarının ve sulama kuyularının yakınındaki yaban domuzlarının varlığı, çevresel risk faktörü olarak belirlenmiştir. Ispanağın işlenmesi, yıkamayı içermektedir, ama bu, sorunu ortadan kaldırmamıştır ve patojenlerin kontamine olmuş ıspanaktan kontamine olmamış ıspanağa yayılmasını kolaylaştırmış olabilir. Bu, ıspanağın büyümesi ve işlenmesi sürecindeki hijyen eksikliklerine bağlanabilecek ciddi bakteriyel hastalıkların geniş çaptaki salgınlarına bir örnektir. 2008 yılında, ABD ve Kanada'da büyük bir *Salmonella* SaintPaul salgını, birden çok ham ürünle ilişkilendirilmiştir. 2008 yılı Ağustos ayında, en az 286'sının hastaneye yattığı, 1442 kişi ile etkilenmiştir. Ayrıca, salgın iki ölüme de yol açmış olabilir. Epidemiyolojik veriler, patojenlerin yayılmasının başlıca aracının, jalapeno biberleri olduğunu ileri sürmüştür. Ancak, serrano biberleri de bir araç olarak düşünülmüştür ve salgının ilk aşamalarında kaynağın domates olduğu bulunmuştur. Ürün kontaminasyonu, çiftlikte ya da işleme veya dağıtım sırasında meydana gelmiş olabilir. Meksika'da bir ürün yetiştirme alanında ve ilişkili paketleme tesisinde *Salmonella* suşu salgını bulunmuştur. Bu, son on yılda ABD'deki kültürle kanıtlanmış en büyük salgındır. *Salmonella*

hastalığı olan birçok kişi, bakım talep etmediği ya da bu kişilerin dışkı örneği test edilmediği için bildirilmemiş çok daha fazla hastalık olmuş olabilir.

İngiltere ve Galler'de, 1992 yılından 2006 yılına kadar olan dönemde çıkmış olan salgınlara dair yapılan incelemeler, 3434 kişinin etkilendiği, 66 hastaneye yatışın ve bir ölümün olduğu, hazır salatalarla ilişkili 82 salgını ortaya koymuştur. Gıda kaynaklı hastalık örnekleri, bitkisel kökenli ürünlerde yedi tane botulizm salgını içermiştir. Etken olduğu düşünülen ürünler, ticari amaçlı yağlı sarımsak, fındıklı yoğurt, restoran patates sosları, restoran patlıcan sosları, ticari amaçlı siyah fasulye sosu, ticari amaçlı humus ve ticari amaçlı dondurulmuş havuç suyuydu. Düşük sıcaklıklar, salgınların dördünde etki edici bir faktör olarak düşünülmüştür. 2007 yılında, İngiltere ve Galler'de 55 adet *Salmonella* Senftenberg enfeksiyon vakası, taze fesleğenle ilişkilendirilmiştir. İskoçya, Danimarka, Hollanda ve ABD, salgın suşu olan 19 tane daha vakayı rapor etmiştir. İsrail'den gelen tüketime hazır paketlenmiş fesleğenlerden alınan sekiz örnek, aynı suşla pozitif çıkmıştır. Mikrobiyolojik kanıtlar, taze fesleğen kontaminasyonu ve *Salmonella* Senftenberg enfeksiyonu vakaları arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir ve bu enfeksiyon, taze fesleğenin İngiltere pazarındaki potansiyel olarak etkilenen tüm partilerden çekilmesine neden olmuştur.

Büyük patojenlerin neden olduğu hastalıkların, hastaneye yatışların ve ölümlerin sayısını tahmin etmek, hastalık kontrol programları için patojen önceliklendirilmesinde önemli bir adımdır. Belirli gıda kaynaklarına bağlı olan (gıda kaynaklı hastalık kaynağı ilişkilendirmesi) bu hastalıkların oranlarını tahmin etmek, hastalıkları azaltmak için ve gıda güvenliği politikaları ve müdahalelerinden kaynaklanan toplumsal sağlık hedeflerindeki ilerlemeleri ölçmek için gereken belirli müdahaleleri belirlemek için gerekli ikinci bir adımdır. Gıda kaynaklı hastalıkların kaynağına dair tahminler; stratejik planlama konusunda bilgi vermek, risk tabanlı karar verme ile ilgili bilgilendirmek, müdahalelerin faydalarını tahmin etmek ve müdahalelerin etkisini değerlendirmek dâhil olmak üzere birçok amaca yönelik kullanılmaktadır.

### **Yüksek riskli bitkisel ürünler**

Daha önce belirtildiği gibi, bitkisel ürünlerin kapsamını belirleme çalışmaları, belirli patojenler nedeniyle beş özel bitkisel ürünü yüksek riskli olarak sıralamıştır. Bunlar şu şekilde ele alınmıştır.

#### **3.2.4 Tüketime hazır doğranmış sebze ve meyveler**

##### **➤ *Listeria monocytogenes***

Araştırma verileri, *L. monocytogenes*'in kesilmiş sebzelerde daha az yaygın ve genellikle düşük seviyelerde oluştuğunu göstermektedir. *L. monocytogenes*, çeşitli sebzelerde büyüebilir; ancak büyümeleri, düşük sıcaklıklarda genellikle yavaştır ama sayıları 7–10 gün içinde 10–15°C derecede saklanan bazı maddelerde birkaç log artabilir. Düşük sıcaklıklarda, raf ömrü kısa ürünlerde büyüme potansiyelleri, düşük görünmektedir. Bu ürünlerin, kontaminasyonu ortadan kaldırmak için herhangi bir nihai pişirme işlemi yoktur. Ürünlerin MAP ile paketlenildiği durumlarda, potansiyel olarak daha uzun raf ömrü, patojen büyümesi potansiyelini artırmaktadır.

➤ **Patojenik *Escherichia coli***

Patojenik *E. coli*'nin geniş getiren hayvanların dışkılarından ya da organizmayı bağırsaklarında taşıyan mutfak personelinden doğrudan ya da dolaylı bulaşma yoluyla sebzelerde mevcut olması için bir potansiyel vardır. Ancak, Meksika dışındaki yerlerde önceden kesilmiş sebze ve salatalar üzerine yapılan araştırmalar, nadiren, eğer şimdiye kadar olduysa, patojenik *E. coli* tespit etmemiştir.

➤ ***E. coli* için doz-yanıt**

Bulaşıcı bir salgının ortaya çıkmasındaki önemli bir gösterge, patojenin doz ve yanıtıdır. Gilbert ve ark. (2006), *E. coli* O157:H7 için doz yanıt tahminlerini incelemiştir ve bulaşıcı dozun orijinal tahminleri, birkaç yüz hücreden daha azdır. Daha sonraki çalışmalar, farklı sayıda hücreye maruz kalmaktan oluşan enfeksiyon olasılığını tahmin etmiştir. 100 organizmadaki hastalık olasılığı  $2.6 \times 10^{-4}$  iken, bir model,  $5.9 \times 10^5$  organizma dozunun, tüketicilerin % 50'sinde enfeksiyona neden olacağını öngörmüştür. Yapılan diğer bir çalışma, 100 hücreye maruz kalındığında,  $1.9 \times 10^5$  medyan dozu (maruz kalan insanların % 50'si semptomatik olmaktadır) ve  $6 \times 10^{-2}$  olasılıkta enfeksiyon hesaplamıştır. Sakai City ilkokulu *E. coli* O157:H7 salgınından elde edilen verilerin analizi, önceki modellere kıyasla daha düşük dozlarda çok daha yüksek enfeksiyon olasılıklarını işaret etmektedir. Gilbert ve ark. (2006) da *E. coli* O111 ve O55 için doz-yanıtı bildirmiştir. Maruz kalan nüfusun % 50'sinin enfeksiyon dozu,  $2.6 \times 10^6$  organizmadır. 100 hücreye maruz kalındığında, hastalık olasılığı  $3.5 \times 10^{-4}$  idi. Gilbert ve ark. (2006), organizmanın, 7°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda yapraklı sebzeler üzerinde büyüyeceğini ifade etmiştir. Bununla birlikte, gıdadaki organizmanın düşük enfeksiyon dozu nedeniyle büyümenin, hastalığa neden olması gerekmeyebilir.

➤ ***Salmonella***

2003 yılında meyve, sebze ve baharatlarda *Salmonella* görülme sıklığının %10'un altında olduğu gösterilmiştir. Çiğ sebzeler üzerindeki *Salmonella* sayıları genellikle  $<1$  kob/g, ancak

Hollandalı hindiba üzerinde 240 kob/g gibi yüksek sayılar bulunmuştur. Jay ve ark. (2003) da Almanya'da tahminen 1000 salmonellosis vakasına neden olan ve kaynağı kırmızıbiber (paprika) ve kırmızıbiber tozlu patates cipsine dayandırılan bir salgın hakkında bilgi vermiştir. Gıdalarda tespit edilen salmonella sayıları, çok düşük çıkmıştır, kırmızı biberde 2,5 Salmonella kob/g ve cipste 0,04-0,45 Salmonella cfu/g civarında bulunmuştur.

➤ ***Clostridium botulinum***

Botulizm riski, spor çimlenmesi ve patojen büyümesi potansiyelini artıran uzun raf ömrüne sahip olan ve MAP kullanılarak paketlenmiş ürünlerde artmaktadır. Etken faktörler, hastalığa neden olmak için gerekli düşük doz, hastalığın şiddeti ve işlemenin, riski ve epidemiyolojik bağlantının varlığını artırdığı gerçeğidir. Bu sınıflandırma, özellikle de daha uzun raf ömürlü sebze ürünleri, gittikçe daha fazla mevcut hale geldiği için uygundur.

➤ **Yağda sebzeler**

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), yetersiz asitlenen gıdalara bağlanan botulizm geçmişi listelemiş ve 29 firma tarafından işlenmiş olan ürünlerin yetersiz asitlenmiş bulunduğunu belirtmiştir. FDA, kanıtların, asitlenmiş gıdaların belirli üreticilerinin, yeterli pH kontrolünün önemini fark etmediğini gösterdiği sonucuna varmıştır. 1979 yılında yayınlanan asitlenmiş gıdalar yönetmeliğine rağmen, 1980'lerde Kanada ve ABD'de iki ciddi *botulizm* salgını bildirilmiştir. İnce doğranmış yağda sarımsak, açık bir şekilde *botulizm* toksini kaynağı olarak tanımlanmıştır. Yağda sebzeler ve *botulizm* konusundaki endişeler sürmektedir. Bu ürünler, popülerdir ve evde üretimleri yaygındır.

Avustralya Gıda Bilimi (FSA)'ya göre, yağda sebzeler hakkında iki yanlış varsayım bulunmaktadır:

- *Yağ eklenmesi, koruyucu bir etkiye sahiptir.*

**Yanlış.** Yağın tek fonksiyonu, bazı besinlerde renk bozulmasına yol açabilen bir durum olan kapta hava oksidasyonunu önlemektir. Bu, havayı yüzeyin dışında tutarak aslında *C. botulinum* dâhil bazı bakteri türlerinin büyümesini destekleyen anaerobik koşulları oluşturur.

- *Bazı otlar ve baharatlar, özellikle de sarımsak, önemli anti-mikrobiyal özelliklere sahiptir.*

**Yanlış.** Kanada ve ABD'deki *botulizm* salgınlarında görüldüğü gibi, bu malzemelerin koruyucu etkisi, hafif ve tutarsızdır.

4.6'dan az bir pH değerinde yapılan asitlendirme *C. botulinum*'un gelişimini yeterli bir şekilde kontrol edebilirken, bazı durumlarda dondurma (soğutma) da ek bir engel olarak kullanılır.

➤ **Tohum filizleri**

Salgın araştırmaları, filizlenmiş tohumların mikrobiyolojik güvenliğini etkileyen çeşitli faktörleri tespit etmiştir. Bugüne kadar, çoğu salgının muhtemel kaynağı, kontamine olmuş tohumlar olarak grlmştir. Tohum kontaminasyonu, çiftlikte, tohum işlemede ya da çimlenme tesisinde meydana gelmiş olabilir. Tohumların hidrofobik yüzeyi, sanitasyonu ve kirletici mikroorganizmaların uzaklaştırılmasını zorlaştırır. Filizlenme sırasındaki koşullar (zaman, sıcaklık, su aktivitesi, pH değereri ve besin maddeleri) patojenik bakterilerin büyümesi için idealdir, bu durum da artan bir riske yol açmaktadır.

### 3.4. Risk karakterizasyonu

#### Tüketime hazır doğranmış sebze ve meyveler

##### ➤ *Listeria monocytogenes*

*L. monocytogenes* zerine yapılan FDA/USDA (2003) nicel risk değerlendirmesi; meyve, sebze ve şarküteri tipi salatalara düşük göreli risk derecelendirmesi atamıştır. Enfeksiyon olasılığı, listeriosis'e karşı savunmasız kişiler için bile düşük görünse de, hastalığın sonuçları ağır olur. Yüksek risk derecelendirmesi, uzun sreler boyunca depolanan modifiye atmosfer ürünlerine de uygulanmaktadır. Depolama sırasında büyüme potansiyeli, MAP sebzeleri ve salataları için derecelendirmeyi arttırmaktadır.

##### ➤ *Patojenik Escherichia coli*

Dünyada bu ürün grubuna atfedilen bir dizi *E.coli* salgını olmuştur. Hastalığın sonuçları, yüksek hastaneye yatma oranları ve HUS ve böbrek problemleri gibi uzun vadeli etkileriyle, potansiyel olarak şiddetlidir. Gilbert ve ark. (2006) patojenik *E. coli*'yi Yeni Zelanda gıdaları için en yüksek şiddet ancak en düşük insidans kategorisine yerleştirirken, Avustralya Gıda Bilimi, riski yüksek olarak derecelendirmiştir. Bu gruptaki organizmalardan gelen gıda kaynaklı bulaşma olasılığını önlemek için çabaların devam etmesinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

##### ➤ *Salmonella serovarlari*

Bu yüksek riskli ürünlerde *Salmonella* riski, hastalığın şiddetine ve tehlikeyi ortadan kaldırmak için herhangi bir tüketicinin pişirme adımı olmayışına dayanır. Meyve ve sebzelerdeki önemli *Salmonella* serovarlari riski, FSA tarafından tanımlanana benzer kriterlere dayanmaktadır, ancak üretimlerindeki artışın, olası bir hastalığa bir koşul olmadığı akılda tutulmalıdır. Bu, *Salmonellanın* hayatta kalabildiği ama byyemediği ürünlerle ilişkilendirilen birçok salgınla tutarlı görünmektedir.

##### ➤ *Clostridium botulinum*



FSA, bu ürünlerde *C. botulinum* riskini yüksek olarak derecelendirmiştir. Etken faktörler; hastalığın şiddeti ve işlemenin ve MAP kullanılarak yapılan paketlemenin riski ve epidemiyolojik bağlantının varlığını artırabildiği gerçeğidir. Yüksek risk derecelendirmesini destekleyecek herhangi bir domestik epidemiyolojik kanıt bulunmamaktadır, ancak bugüne kadar, uzun raf ömrüne sahip sebze ürünlerinin sınırlı erişilebilirliği bulunmaktaydı.

➤ **Yağda sebze**

Uygun kontrol önlemleri olmadan hazırlanan ürünlerin, *C. botulinum* gibi patojenlerden kaynaklanan ciddi hastalıklara yol açma potansiyeli olan, kötü asitlendirilmiş ürünlere neden olması için açık bir potansiyelleri olduğu görülmektedir. Bu ürünler, bazen küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından hazırlanmaktadır ki bu işletmelerin gıda güvenliği denetimi bilgileri yeterli değilse, bu durumun, riski arttıracığı düşünülmektedir.

➤ **Tohum filizleri**

Filizlenme sırasındaki koşullar (zaman, sıcaklık, su aktivitesi, pH değeri ve besin maddeleri) *Salmonella* ve patojenik *E. coli* gibi patojenik bakterilerin büyümesi için idealdir, bu durum da tohum filizlerinin yüksek riskli ürün olarak görülmesine yol açmaktadır. Filizlenme sırasında patojenik organizmaların büyüme potansiyeli, riski ciddi oranda arttırmaktadır ve kontaminasyonun meydana geldiğini gösterecek epidemiyolojik kanıtlar da bulunmaktadır. Filizlenmeden önce tohumların sanitasyonu gibi kontrol önlemlerinin uygulanması, patojenlerin sıklığını azaltabilir.

➤ **Pastörize edilmemiş meyve suları**

Pastörize edilmemiş meyve sularının yüksek riskli olarak derecelendirilmesi uygundur. Potansiyel kontaminasyon kaynakları, tüketime hazır doğranmış meyvelerinkiyle hemen hemen aynıdır ve riski gerekçelendirecek güçlü epidemiyolojik kanıtlar da vardır. 1991 ve 1999 yıllarında Avustralya'da pastörize edilmemiş meyve sularının *Salmonella* serovarlarıyla kontaminasyonu nedeniyle, iki büyük ölçekli salgın, pastörize edilmemiş meyve sularının hastalığa yol açma potansiyelini açıkça ortaya koymuştur.

## **Sonuçlar**

Bitkisel ürünler gıda güvenliği planının 2004 Gıda Yönetmeliği içine dâhil edilmesi, yüksek riskli olarak kategorize edilen beş bitkisel ürünü hedef almıştır. Bu ürünlerden meydana gelen gıda kaynaklı hastalık salgınlarını önlemek amacıyla asgari düzeyde gıda güvenliği kontrol önlemleri getirilmiştir.

Tüketime hazır doğranmış meyve ve sebze gibi bitkisel ürünler genel olarak sağlıklı gıda imajına sahipken ve sağlıklı besleyici bir diyetin önemli bir parçasını oluştururken, binlerce



tüketiciyi etkileyen birkaç büyük ölçekli gıda kaynaklı hastalık salgınının meydana gelmesi, bu ürünlerle ilişkili potansiyel riskleri vurgulamaktadır. Tüketicilerin hazır gıdalara olan artan talepleri nedeniyle, süpermarket raflarında önceden paketlenmiş tüketime hazır doğranmış meyve ve sebzelerin pazar payı, son birkaç yıl içinde önemli ölçüde artmıştır; bu nedenle tüketicilerin güvenliğini sağlamak için gıda güvenliği kontrol önlemlerinin yürürlükte olması önemlidir.

Bitkisel ürün üreten işletmelerin, gıda güvenliği programı uygulaması gerekliliği, uygun kontrol önlemlerinin uygulandığı ve düzenli aralıklarla nihai ürünün test edilmesi yoluyla bu kontrollerin yapıldığının doğrulanması anlamına gelmektedir. Yetkili makamın, yürürlükte yüksek riskli bitkisel ürünleri kapsayan bir düzenlemesi olsa da, el değmemiş yeşil yapraklı sebzeler, ıspanak ve kavun gibi sebze ve meyvelerle ilişkili giderek artan bir oranda denizaşırı bir dizi büyük ölçekli gıda kaynaklı hastalık salgını meydana gelmektedir. Bu, yetkili makamın, gıda güvenliği kontrolünü sağlamak için potansiyel risk yiyeceklerini genişletmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Biyokatıların kullanımı yoluyla kontrollerin yapılması, bütün bahçecilik sektöründe kullanılmaya devam etmektedir.

#### **4. Bitkisel gıdalarda risk yönetimi: izleme, kontrol ve önleme**

##### **4.1. Mikrobiyolojik izleme**

1980'lerin sonuna kadar, mikrobiyolojik testler, neredeyse mevcut tek pratik hijyen izleme yöntemi olmuştur. Bir yüzey üzerindeki mikrobik popülasyondan örnek almak için, bir çubuk, sünger ya da test tabağı kullanmak kontaminasyon düzeyi hakkında değerli bilgiler sağlayabilir.

Mutfak tezgâhı ya da taşıyıcı gibi bir yüzeyin bilinen bir alanından (genellikle 100 cm<sup>2</sup>) ya da vana ya da pompa gibi potansiyel kontaminasyon kaynağı olarak bilinen malzemelerden mikroorganizmaları uzaklaştırmak için numune alma cihazı kullanılır. Toplanan malzeme daha sonra uygun bir seyreltici içinde süspansiyon haline getirilir ve çoğunlukla agar plakalar içinde bir mikrobiyolojik kültür ortamına transfer edilir. İnkübasyon süresinin ardından, gözle görünür koloniler sayılarak kontaminasyon derecesi ölçülebilir. Mikrobiyolojik izlemenin başlıca avantajı, mikrobik kontaminasyonun doğrudan göstergesini sağlamasıdır ve ayrıca gıda kaynaklı patojenler gibi belirli organizmaların varlığını test etmek de mümkündür.

Ne yazık ki, özellikle sonuçları elde etmek için gereken süre gibi, bir takım sınırlılıklar da bulunmaktadır. Kültür aşaması, normalde en az 24 saat inkübasyon gerektirir ve genellikle tesis

dışında ve düzgün donanımı olan bir laboratuvarında gerçekleştirilmelidir. Bu, sonuçların sadece retrospektif olarak mevcut olduğu ve HACCP izleme amacıyla, ya da hızlı temizleme değerlendirilmesi için sınırlı bir değeri olduğu anlamına gelir. Temizlik ve dezenfeksiyon sonrasında çubuklar hemen alınsa bile, kontaminasyon seviyeleri hakkında mevcut herhangi bir bilgi oluşmadan önce, en az bir tam gün üretim yapılmış olması muhtemeldir. Sonuçlar, sanitasyondan sonra da yüzeylerde kalan tortusal antimikrobiyal aktiviteden kötü bir şekilde etkilenebilir, bu nedenle kültürde inhibisyonu önlemek için, inaktive edici bileşikler ihtiva eden özel bir seyreltici gereklidir.

Bununla birlikte, mikrobiyolojik örnekleme ve ölçme, özellikle patojen kontaminasyonuna karşı savunmasız ekipmanların ve parçaların izlenmesi için değerli bir teknik olarak yerini korumaktadır. *L. monocytogenes*, *S. enterica* ve *E.coli* gibi gıda kaynaklı patojenler, yönetmelik belgelerine göre mikrobiyolojik kontroldeki hedef organizmalardır.

## 4.2. Bitkisel ürünlerin kalite kontrolü ve önlemesi

### 4.2.1. Gıda güvenliği ve bitkisel gıdaların kalitesi için olan programlar

Özel gıdaların gıda güvenliğini sağlamak için; gıdaların üretimi, hazırlanması ve işlenmesi aşamalarının başından sonuna kadar bütün aşamalarında herhangi bir potansiyel tehlikeyi azaltmak için nihai ürünlere müdahaleden ziyade önleme aracı olarak kontroller uygulanmalıdır.

Gıda güvenliğini ve işlenmiş gıdaların kalitesini sağlamak için en sık aşağıdaki programlar kullanılmaktadır:

- İyi Üretim Uygulamaları (İÜU);
- Standart Sanitasyon Operasyon Prosedürleri (SSOPs);
- Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (TAKKN).

#### • İyi Üretim Uygulamaları (İÜU)

İÜU kılavuzu, güvenli gıda üretimi için uygulamaları açıklamaktadır. Bunlar, yasaların gereğidir ve tüm gıda üretim şirketleri için de geçerlidir. İÜU, gıda işlemenin dört ana alanı için belirtilmiştir:

- Hastalığın yayılmasını önlemek için çalışanların hijyeni;
- Yeterli bina ve tesisler;
- Hijyenik gıda-temas yüzeyleri (örn, ekipman ve mutfak aletleri);
- Çapraz kontaminasyonu önlemek için süreç kontrolleri.

➤ **Standart Sanitasyon Operasyon Prosedürleri (SSOPs)**

SSOP, TAKKN'a tabi olan meyve suyu ve işleme tesisleri için zorunludur. Belirli protokoller tesisten tesise değişebilse de, SSOP, gıdaların hijyenik işlenmesini sağlamak amacıyla özel kademeli prosedürleri sağlamaktadır. Bu belgeler, sekiz sanitasyon koşulu için prosedürleri açıklamaktadır:

- Suyun güvenliği;
- Alet ve ekipmanların temizliği;
- Çapraz kontaminasyonun önlenmesi;
- El yıkama ve tuvalet imkânları;
- Gıdaların kirleticilerden korunması;
- Toksik bileşiklerin etiketlenmesi ve depolanması;
- Çalışanların sağlığının izlenmesi;
- Haşere kontrolü.

➤ **Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (TAKKN).**

TAKKN programı; hammadde üretimi, temini ve taşınmasından nihai ürünün üretimi, dağıtımı ve tüketimine kadar oluşabilecek biyolojik, kimyasal ve fiziksel tehlikelerin kontrolü ve analizi yoluyla gıda güvenliğinin ele alındığı bir yönetim sistemidir. Başlangıcından bu yana 40 yıl içinde, TAKKN sistemleri, gıda güvenliği güvencesi için evrensel olarak tanınan ve kabul edilen bir yöntem haline gelmiştir. FDA ve USDA, gıda güvenliğine ve halk sağlığını korumaya yönelik etkili bir yaklaşım olarak deniz ürünleri, meyve suları ve et ürünleri için TAKKN'yi zorunlu hale getiren düzenlemeler yayınlamıştır. TAKKN, tek başına bir program değildir. TAKKN'nin başarısı, büyük ölçüde İÜU ve SSOP dâhil olmak üzere önkoşul programlarına bağlıdır. TAKKN'in başarılı bir şekilde uygulanması için etkili önkoşul programlarının oluşturulması gereklidir.

TAKKN, yedi ilke içermektedir:

- Tehlike analizi;
- Kritik kontrol noktalarının (KKN) belirlenmesi;
- Kritik limitlerin oluşturulması;
- İzleme prosedürleri;
- Düzeltici eylemler;
- Kayıt tutma;
- Doğrulama prosedürleri.

### 4.3. Gıda tesisi sanitasyonu

#### 4.3.1. Kontaminasyon kaynakları

Bakterilerin, bitki dokusunun içine girmediği varsayılırsa, patojenik bakterileri ürünlerden uzaklaştırmak için yüzey sanitasyonu normalde etkili bir yoldur. Birçok rapor, kontamine olmuş yüzeylerin, büyük olasılıkla ürün kontaminasyonunun kaynağı olduğunu ve kontaminasyon riskinin, birincil kesim ve doğrama ve paketleme aşamaları arasında en yüksek olduğunu göstermektedir. Göz önünde bulundurulması gereken kontaminasyon kaynakları şunlardır: eller, eldivenler ve kişisel koruyucu malzemeler; dilimleyiciler; konveyörler; yıkama tankları ve yıkama suyu; ambalaj kapları ve paketleme rafları ve paketleme ekipmanları.

Çapraz kontaminasyon, işleme sırasında gıda güvenliği için ana risklerden birisidir. Çapraz kontaminasyon, üç ana şekilde gerçekleşebilir:

- **Gıdadan gıdaya.** Gıdalar, diğer yiyeceklerden gelen bakterilerle kontamine olabilir. Bu tür bir çapraz kontaminasyon, özellikle çiğ gıdalar, pişmiş gıdalarla temas ederse tehlikelidir.
- **İnsandan gıdaya.** Gıdaları işleyenler tarafından iyi hijyen uygulamaları takip edilmezse, insanlar, çapraz kontaminasyon kaynağı olabilir. Örneğin, tuvaleti kullandıktan sonra eller düzgün yıkanmadan gıdaları işleme, çiğ etlere dokunmak ve daha sonrasında elleri yıkamadan başka yiyecekleri hazırlamak, farklı gıdaları işleme arasında elleri kurulamak için önlük kullanmak, ya da tezgâhı bir havluyula temizleme ve sonrasında aynı havluyu elleri kurulamak için kullanmak.
- **Ekipmandan gıdaya.** Kontaminasyon, mutfak malzemeleri ve araçlarından gıdaya geçirilebilir. Mutfak ekipmanı ya da eşyaları düzgün temizlenmediği ve her kullanımdan sonra sanitse edilmediği için, bu tür bir kontaminasyon oluşur.

Depolama ve dağıtım esnasındaki sıcaklık da bir kontaminasyon kaynağı olabilir. Gıdalar, sıcaklık tehlike bölgesi olarak bilinen 5°C ve 57°C arasındaki bir sıcaklıkta muhafaza edildiğinde, hastalığa neden olan patojenler gıdada iyi büyüyebilir. Gıdalar bu sıcaklıklarda 4 saatten fazla bir süreyle tutulursa, patojenler, gıda kaynaklı ciddi hastalıklara neden olacak kadar yüksek seviyelerde büyüyebilir. Bu nedenle, sıcak yiyecekleri 60°C veya daha yüksek sıcaklıklarda ve soğuk yiyecekleri de 5°C veya daha düşük sıcaklıklarda tutmak ve depolama ve dağıtım sırasında en azından her 4 saatte bir gıdanın sıcaklığını kontrol etmek çok büyük önem taşımaktadır.

Patojenleri önlemek veya patojen miktarını azaltmak için, farklı sanitasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Sanitasyon, iki çok önemli ve ayrı adım olarak temizlik ve sterilizasyonu

içeren çok aşamalı bir süreçtir. Gıda işleme ya da üretim tesislerinde atıkların kaldırmasını, deterjan çözeltilerinin kullanılmasını, su ile durulanmasını, gereken durumlarda dezenfeksiyonu ve kuru temizlemeyi içeren etkili temizlik ve sanitasyon prosedürlerinin, doğru hijyen düzeyine ulaşması gereklidir. Bunlara uyulmadığı takdirde, gıdaların, patojenik ya da bozucu mikroorganizmalar tarafından kontamine olma riski bulunmaktadır. Ayrıca, bu programlar yetersiz kalırsa, fabrika ve gıda hazırlama yüzeylerinde oluşan biyofilm riski de vardır. Ürünün bozulmasına ve tüketici güvenliği sorunlarına yol açabilecekleri için, fenolik ve metal-iyon bazlı ürünlerin kullanılmasını önlemek önemlidir.

Temizlik ve sanitasyon programları dört adım içermektedir:

- Günlük olarak gıda işleme ya da hazırlama boyunca ve bu sürecin tamamlanmasından sonra gerçekleştirilen rutin prosedürler;
- Daha az gereken periyodik prosedürler;
- Prosedürlerin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak için izleme;
- Programın etkinliğini kontrol etmek için doğrulama.

#### 4.3.2. Sanitasyon Yöntemleri

##### ➤ Dezenfeksiyon

Birçok üretici ve tedarikçi, kontaminasyon riskini azaltmak için iyi uygulamalara bağlı kalmaktadır. Kontaminasyonu azaltmak için olan geleneksel yöntemler hasat sonrası dekontaminasyon prosedürlerini içerir. Ancak, çeşitli sürelerde yaklaşık 20-200 mg ml<sup>-1</sup> serbest klor içeren solüsyonlar ile standart hasat sonrası dekontaminasyon prosedürlerini kullanan deneyler, bakteri sayılarının azalmış olduğunu ancak işlemlerin, doğal mikrobiyal nüfusu ya da insan patojenlerini tamamen ortadan kaldırmadığını ortaya koymuştur.

Taze limon suyu ve sirke içeren ev tipi doğal dezenfektanların, roka yaprakları ve taze soğan üzerindeki *Salmonella* serovarı Typhimurium'un azaltılmasında bazı etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. 15 dakikalık 1:1 limon suyu ve sirke işlemi, canlı sayılarını saptanamayan seviyelere kadar azaltmıştır. Havuçların bu çözeltiyle işleme tabi tutulması, *Salmonella* CFU'larını saptanamayacak bir seviyeye indirmiştir.

Klorin, ozon ya da bunların bir kombinasyonu ile doğal bozulma organizmalarıyla önceden aşılınmış ticari amaçlı iceberg marulun işleme tabi tutulması, canlı mikroorganizma sayısını azaltmaktadır. Ayrıca, klor-ozon kombinasyonları, marulun raf ömrünü arttırmaktadır. Marulun durulanması sırasında durulama suyunun bulanıklığında gözle görülür bir değişiklik ya da kalitede bir azalma gözlenmemiştir, bu da ticari işleme uygulanabilirliği işaret etmektedir.

İyonlaştırıcı radyasyon, mikrobiyal kontaminasyonu azaltılmadaki etkinliğini göstermiştir. Özellikle de, yeşil yapraklı sebzelere odaklanan çalışmalar; iceberg marul, Romaine (düz) marul ve ıspanak gibi çeşitli yeşil yapraklı sebzelerde kullanıldığı zaman, *L. monocytogenes*, *Salmonella* ve *E. coli O157:H7*'de çoklu log azalmaları göstermiştir.

#### ➤ **Biokontrol**

Kontaminasyonu azaltmak için alternatif bir yöntem de insan patojenleriyle kontaminasyonu azaltmak için fillosferdeki rakip bakterilerin büyümesini teşvik eden tarımsal uygulamaların kullanılması olacaktır. Çeşitli çalışmalar, bitkilerin doğal mikroflorasının, *E.coli O157:H7*, *Salmonella* serovarları Montevideo ve Chester, ve *Staphylococcus aureus*'ın büyümesini inhibe edebileceğini önermektedir. Yeşil biberden izole olmuş *Pseudomonas* ve *Bacillus* türleri, Romaine marul, bebek havuçlar, alfafa ve yonca filizleri; *Salmonella* serovarı Chester'in ve *L. monocytogenes*'in büyümesini engelleyebilir. *Enterobacter cloacae* ise *E. coli O157:H7* ve *L. monocytogenes* ile havuç, tere, marul, turp, ıspanak ve domates kolonizasyonu azaltırken, *Enterobacter asburiae*, bunların, marul üzerinde hayatta kalmalarını azaltmıştır. Ayrıca, gnotobiyotik koşullarda *Arabidopsis thaliana*'nın *E. asburiae* ile büyümesi *Salmonella* ve *E. coli O157* ile kök kontaminasyonunu ciddi oranda azaltmıştır.

#### ➤ **Görüntü tabanlı kontrol**

Yeterli bitki koruma, mahsul kayıplarının belirlenmesi ve tarımda ıslah stratejilerinin tasarımı için bitkisel hastalıkların tespiti ve ölçümü gereklidir. Bitkisel hastalıkların algılanması ve izlenmesinde görüntü tabanlı analiz potansiyeli kabul görmüştür ve potansiyel insan patojenik mikroorganizmalarıyla oluşan bitki enfeksiyonlarını incelemek için bu tekniklerin kullanılması, yeni ve gelişmekte olan bir alandır. Bu analiz, bitkisel üretimin hedef düzen şemasını ve fitopatojenik hastalıkların ya da insan patojenlerinin gelişiminin bir göstergesi olan bitkilerdeki fenotipik işaret arayışını göstermeyi içermektedir.

## **4.4. Özel gıdaların işlenmesinde belirli gıda güvenliği kontrollerinin uygulama örnekleri**

### **Özel Meyve Suları**

Nar suyu, mangosten suyu ve noni meyve suyu gibi özel meyve sularının, genellikle antioksidanlar ve biyoflavonoidler dâhil olmak üzere yüksek miktarda sağlığa faydalı fitokimyasal içeriği barındırdığı iddia edilmektedir. Meyve suyu ürünlerinin etiketinde sağlıkla ilgili bir iddiada bulunduğu zaman, etiketlemenin, sağlık konularında FDA gıda etiketleme yönetmeliğini takip etmesi gerekmektedir. Usulüne uygun olmadan işlem gördüğünde, meyve suları patojenik mikroorganizmaları barındırabilir ve gıda kaynaklı hastalık salgınları ile



ilişkilendirilir. FDA, meyve ve sebze sularının işleminde TAKKN prensiplerinin uygulanmasını zorunlu kılan düzenlemeler yayınlamıştır. TAKKN planları, normal ve orta derecede sıcaklık koşullarında saklandığında, en az ürünün raf ömrü kadar uzun bir süre boyunca, ilgili mikroorganizmada sürekli olarak, minimum 5 log azalma sağlayacak kontrol önlemlerini içerecektir. Bu düzenlemenin amaçları için, "ilgili mikroorganizma", *E. coli* O157:H7 gibi meyve sularında görülme olasılığı yüksek olan halk sağlığının en dirençli mikroorganizmasıdır.

Pastörizasyon, meyve suyu işleminde kritik bir kontrol noktasıdır. Pastörizasyonda kullanılan ısı işlemi, mikroorganizmaları ve bazı enzimleri inaktive ederek meyve suyunun raf ömrünü uzatır. İyi bir renk ve lezzet sağlamak için, *yüksek sıcaklıkta kısa süreli (YSKS)* işlem de denenir (flash) pastörizasyon, meyve sularında yaygın bir şekilde kullanılır. Bu, topluma güvenli bir ürün sağlayacaktır, ancak ultra pastörize ürünlerde bulunan lezzet-bozulması miktarını minimumda tutacaktır. Flash pastörizasyonda, 15 ile 30 saniye arasında bir tutma süresi için kullanılan minimum sıcaklık 71.5°C'dir. Pastörizasyonun başarılı bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak için, pastörizasyon işlemi sırasında meyve suyunun sıcaklığının, bir sıcaklık kaydediciyle sürekli olarak takip edilmesi gerekmektedir. İzleme, belirlenen kritik limitten herhangi bir sapmayı işaret ettiğinde, meyve suyu üreticileri, kritik sınıra ulaşmak için etkilenen ürünü ayırmalı ve değerlendirme için bir kenarda tutmalı, onu yok etmeli, ya da gıda dışı kullanım için başka tarafa yönlendirmeli ve pastörizatörü ayarlamalı (sıcaklık ya da akış hızı). Sıcaklık kayıt cihazının doğruluğunun, cıvalı cam termometreyle kıyaslanarak günlük olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Cıvalı cam termometreler de yıllık olarak kalibre edilmelidir.

### **Özel meyve sularının güvenliğinin sağlanması için kontrol önlemleri**

- Sevkiyatın, düşmüş meyveler hariç tutularak sadece hasat edilmiş meyveleri içerdiğini belirtmek için bir tedarikçi garantisi var olmalıdır.
- Meyveler durulanmalı ve daha sonra 30 saniye boyunca en az 200 ppm mevcut klor ihtiva eden bir temizlik maddesi ile fırçayla yıkanmalıdır.
- 15–30 saniye boyunca minimum 160°F (71.5°C) bir sıcaklığa sahip bir pastörizasyon işleminin, ilgili patojende 5 logluk bir azalma sağlaması gereklidir. Isıtma sıcaklığı ve süresi, takip edilmesi, kontrol edilmesi ve belgelenmesi gereken kritik faktörlerdir.

## **5. Gıda güvenliği bilinci, mesajları ve bilgileri**

Modern toplumun gıda güvenliği açısından bilinç durumu nedir? Öğrenci ve çalışanlarla yapılan bir araştırma, farklı farkındalık seviyeleri göstermiştir. Gıda güvenliği bilincinin araştırılmasıyla ilgili olarak, katılımcıların büyük çoğunluğu (%76) çiğ bitki/tavuk/et/balığa dokunduktan sonra elleri yıkamanın "çok güvenli" olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, öğrencilerin %50'si çiğ gıda ürünleri için ayrı kesme tahtaları ya da bıçakları kullanmanın "çok güvenli" olduğunu belirtmiştir. Bunlar, öğrenciler arasında oldukça yüksek seviyede gıda güvenliği bilinci olduğunu göstermiştir.

Orta öğretim düzeyindeki kız öğrenciler, çapraz kontaminasyon bilincindeki ve pozitif gıda güvenliği bilinci alışkanlıklarındaki eksiklikler açısından erkek öğrencilere kıyasla ciddi derecede daha yüksek bir düzey göstermiştir. Üniversitede düzeyindeki kız öğrenciler, çapraz kontaminasyon bilinci noktasında erkeklere göre önemli ölçüde daha düşük seviye göstermiştir. Genel olarak, öğrencilerin büyük çoğunluğu, çapraz kontaminasyon bilinci eksikliği göstermiştir. Ortaöğretim düzeyindeki erkeklerin çoğunun, çapraz kontaminasyon alanıyla ilişkili risklerden habersiz olduğu bulunmuştur.

Ortalama bilinç puanı, orta öğretim düzeyinde 16/50 ve yükseköğretim düzeyinde, 15/50 bulunmuştur. Orta öğretim düzeyindeki öğrenciler için bilinç puanları aralığı 50 üzerinden 0-35 ve üniversite düzeyindeki öğrenciler için ise 50 üzerinden 0-30 olmuştur. Üniversite düzeyindeki erkek öğrenciler, yüksek düzeyde bir gıda güvenliği bilincini uygulaması göstermiştir ve yüksek bir farkındalık puanı almıştır. Ayrıca, gıda güvenliği bilincinin medyan (15/50) ve mod (20/50) değerleri, orta öğretim ve üniversite düzeylerinde aynıydı. Orta öğretim düzeyinde, kızların %50'si ve erkeklerin %6'sı bu anket dışında gıda güvenliği ile ilgili herhangi bir bilgiyi gördüklerine, duyduklarına ya da okuduklarına dair "evet" yanıtını vermiştir. Bu öğrenciler, Ev Ekonomisi ve Gıda ve Beslenme derslerini almışlardır. Yükseköğretim düzeyinde ise, erkeklerin %21'i ve kızların %17'si bu soruya "evet" cevabını vermiştir. n = 205 katılımcı içinde, kızların %15'i ve erkeklerin %11'i bu anket dışında gıda güvenliği ile ilgili herhangi bir bilgiyi gördüklerine, duyduklarına ya da okuduklarına dair "hayır" yanıtını vermiştir, ve kızların %13'ü ve erkeklerin %10'u gıda güvenliği ile ilgili herhangi bir şey gördüklerini, duyduklarını ya da okuduklarını hatırlamadığını belirtmiştir. Üniversite düzeyindeki katılımcıların %18'i, televizyon ve internetten gıda güvenliği ile ilgili bilgi aldıklarını belirtmiştir.

Öğrencilerin gıda güvenliği ile ilgili bilgileri nereden duyduğu ya da okuduğuna dair yapılan daha derin analizler, kızların %36'sının, erkeklerin de %14'ünün gazeteler, kitaplar, ebeveynler ve gıda etiketleri gibi çeşitli diğer kaynaklardan bilgi aldıklarını ortaya koymuştur.

Orta öğretim düzeyinde, kız öğrencilerin %52'si ve erkek öğrencilerin %5'i, gıda güvenliği ve gıda hazırlama ile ilgili resmi eğitim aldıklarını ifade etmiştir. Yükseköğretim düzeyinde ise, erkeklerin %56'sı ve kızların da %36'sı, gıda güvenliği ve gıda hazırlama ile ilgili resmi eğitim aldıklarını belirtmiştir.

Bu sorular, katılımcıların gıda güvenliği bilgilerine dair yaptıkları öz-değerlendirmeleri belirlemek için yapılandırıldığı için, katılımcılar, bilgi sorularında puanlanmamıştır. Orta öğretim düzeyindeki kadın katılımcıların %23'ünün ve erkek katılımcıların %3'ünün ve yükseköğretim düzeyindeki kadın katılımcıların %7'sinin ve erkek katılımcıların %12'sinin algılanan gıda güvenliği bilgilerine dair yaptıkları öz değerlendirme, gıda güvenliğine dair bilgi tabanlarının "çok iyi" olduğunu hissettikleri ortaya çıkmıştır. Cinsiyete göre yapılan bir başka ileri analiz, orta öğretim düzeyindeki kızların %43'ünün ve erkeklerin %1'inin ve ayrıca yükseköğretim düzeyindeki kızların %25'inin ve erkeklerin %27'sinin, gıda güvenliği bilgilerinin "oldukça iyi" olduğunu hissettiklerini göstermiştir. Yükseköğretim düzeyindeki erkek öğrenciler, bu düzeydeki kız öğrencilere kıyasla ve ayrıca ortaöğretim düzeyindeki erkeklere kıyasla daha yüksek bir algılanan bilgi seviyesi göstermiştir. Orta öğretim düzeyindeki erkek öğrenciler, bu düzeydeki kız öğrencilere göre önemli ölçüde daha düşük bilgi düzeyi göstermiştir. Her iki düzeydeki kız öğrenciler arasında hiçbir fark bulunmamıştır. Genel olarak, orta öğretim düzeyinde, kız öğrenci nüfusu ve yükseköğretim düzeyinde erkek öğrenci nüfusu, bu öğrencilerin bilgi tabanlarının, gıda güvenliği konularındaki bilgiyi yansıttığını göstermiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- Bassett J. and McClure P. (2008) A risk assessment approach for fresh fruits. *Journal of Applied Microbiology* 104, 925–943.
- Berg G., Eberl L. and Hartmann A. (2005) The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environmental Microbiology* 7 (11), 1673–1685.
- Berger C.N., Sodha S.V., Shaw R.K., Griffin P.M., Pink D., Hand P. and Frankel G. (2010) Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12(9), 2385–2397.
- Brandl M. (2006) Fitness of Human Enteric Pathogens on Plants and Implications for Food Safety. *Annual Review of Phytopathology* 44, 367–392.
- Brandl M., Cox C.E. and Teplitski M. (2013) Salmonella Interactions with Plants and Their Associated Microbiota. *Phytopathology* 103 (4), 316–325,

<http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-11-12-0295-RVW>.

- Duan J., Zhao Y. and Daeschel Mm. (2011) Ensuring Food Safety in Specialty Foods Production 2011, <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9036>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2011) Guidance on the environmental risk assessment of plant pests EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2, 3, Parma, Italy. EFSA Journal; 9 (12): 2460.
- EASAC. (2014) Risks to plant health: European Union priorities for tackling emerging plant pests and diseases. Policy report, 24 February 2014, ISBN: 978-3-8047-3251-3.
- Fletcher J., Leach J. E., Eversole K., and Tauxe R. (2013) Human Pathogens on Plants: Designing a Multidisciplinary Strategy for Research. *Phytopathology* 103 (4), 306–315, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-09-12-0236-IA>.
- Food Safety Risk Assessment of NSW Food Safety Schemes (2009) Food Authority, Australia.
- Food Standards Agency UK (2004). Survey of baby foods for mycotoxins. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis6804.pdf>.
- Flood J. (2010) The importance of plant health to food security, *Food Sec.* 2:215–231, DOI 10.1007/s12571-010-0072-5.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (2003). Results of 4th quarter national survey 2002 (NS4), European Commission co-ordinated programme for the official control of foodstuffs for 2002, Bacteriological safety of pre-cut fruit & vegetables, sprouted seeds and unpasteurised fruit & vegetables juices from processing and retail premises. [http://www.fsai.ie/surveillance/food\\_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf](http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf).
- FSA [Food Science Australia] (2000a). Final report – scoping study on the risk of plant products. Food Science Australia prepared for SafeFood NSW.
- FSA [Food Science Australia] (2000b) Fact Sheet Preservation of vegetables in oil and vinegar. Retrieved 14 January 2009, <http://www.foodscience.afisc.csiro.au/oilvine.htm>.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (undated). 3rd Trimester National Microbiological Survey 2005 (05NS3): EU Coordinated programme 2005, bacteriological safety of prepackaged mixed salads. Food Safety Authority of Ireland, Retrieved 2 December 2008, [http://www.fsai.ie/surveillance/food\\_safety/microbiological/mixed\\_salads.pdf](http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/mixed_salads.pdf).
- Gilbert S., Lake R., Hudson A and Cressey P. (2006). Risk profile: Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in leafy vegetables. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14

January

2009,

[http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk\\_Profile\\_Shiga\\_Toxin-Science\\_Research.pdf](http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk_Profile_Shiga_Toxin-Science_Research.pdf).

- Jay S., Davos D., Dundas M., Frankish E. and Lightfoot D. (2003). Salmonella. In: Hocking A.D. (Ed.). Foodborne Microorganisms of Public Health Significance, pp. 207–266. Australian Institute of Food Science and Technology, Waterloo.
- Hernandez-Reyes C. and Schikora A. (2013) Salmonella, a cross-kingdom pathogen infecting humans and plants. FEMS Microbiol Lett 343, 1–7.
- Kirzinger M., Nadarasah G. and Stavriniades J. (2011) Insights into Cross-Kingdom Plant Pathogenic Bacteria. Genes 2, 980–997, doi:10.3390/genes2040980.
- Lake R., Hudson A., Cressey P. and Gilbert S. (2005). Risk profile: Listeria monocytogenes in ready-to-eat salads. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009.
- Mahlen S. (2011) Serratia Infections: from Military Experiments to Current Practice. Clinical Microbiology Reviews, 24 (4), 755–791, 0893-8512/11/\$12.00 doi:10.1128/CMR.00017-11.
- Mendes R., Garbeva P. and Raaijmakers J.M. (2013) The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiology Reviews 37, 634–663.
- van Baarlen P., van Belkum A., Summerbell R.C., Crous P.W. and Thomma B.P.H.J. (2007) Molecular mechanisms of pathogenicity: how do pathogenic microorganisms develop cross-kingdom host jumps? FEMS Microbiology Reviews 31, 239–277.
- Pezzoli L., Elson R., Little C., Yip H., Fisher I., Yishai R., et al. (2008) Packed with Salmonella – Investigation of an international outbreak of Salmonella Senftenberg infection linked to contamination of prepacked basil in 2007. Foodborne Pathogens and Disease 5(5), 661–668.
- Szabo E., Scurrah K. and Burrows J. (2000) Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. Letters in Applied Microbiology 30, 456–460.
- Miller S.A., Beed F.D. and Harmon C.L. (2009) Plant Disease Diagnostic Capabilities and Networks. Annual Review of Phytopathology 47, 15–38.
- van Overbeek L., van Doorn J., Wichers J.H., Amerongen A., van Roermund H.J.W. and Willemsen P.T.J. (2014) The arable ecosystem as battleground for emergence of new human pathogens. Frontiers in Microbiology, article 104, 1–17, doi:

10.3389/fmicb.2014.00104.

Turnbull-Fortune S. and Badrie N. (2014) Practice, Behavior, Knowledge and Awareness of Food Safety among Secondary & Tertiary Level Students in Trinidad, West Indies. Food and Nutrition Sciences 5, 1463–1481.